

University of Groningen

## Medische thermographie; Verkenningen op het gebied der toepassingsmogelijkheden

Aarts, Nicolaas Johannes Maria

**IMPORTANT NOTE:** You are advised to consult the publisher's version (publisher's PDF) if you wish to cite from it. Please check the document version below.

*Document Version*

Publisher's PDF, also known as Version of record

*Publication date:*

1969

[Link to publication in University of Groningen/UMCG research database](#)

*Citation for published version (APA):*

Aarts, N. J. M. (1969). *Medische thermographie; Verkenningen op het gebied der toepassingsmogelijkheden*. [, Rijksuniversiteit Groningen]. [S.n.].

### Copyright

Other than for strictly personal use, it is not permitted to download or to forward/distribute the text or part of it without the consent of the author(s) and/or copyright holder(s), unless the work is under an open content license (like Creative Commons).

The publication may also be distributed here under the terms of Article 25fa of the Dutch Copyright Act, indicated by the "Taverne" license. More information can be found on the University of Groningen website: <https://www.rug.nl/library/open-access/self-archiving-pure/taverne-amendment>.

### Take-down policy

If you believe that this document breaches copyright please contact us providing details, and we will remove access to the work immediately and investigate your claim.

Downloaded from the University of Groningen/UMCG research database (Pure): <http://www.rug.nl/research/portal>. For technical reasons the number of authors shown on this cover page is limited to 10 maximum.

# **MEDISCHE THERMOGRAPHIE**

**N.J.M. AARTS**

# MEDISCHE THERMOGRAPHIE

VERKENNINGEN OP HET GEBIED DER TOEPASSINGSMOEGELIJKHEDEN



## STELLINGEN

1. De grote gelijkenis in methodiek, dokumentatie en bestudering van de gegevens, verkregen bij thermographisch, scintifotografisch en röntgenologisch onderzoek, maakt het wenselijk deze methoden van onderzoek in het belang van de patiënt in één afdeling te doen plaats vinden.
2. De beperkte toename van de toepassing van de thermographie in Nederland is een symptoom van het tekort aan mogelijkheden nieuwe methoden van onderzoek te toetsen en te ontwikkelen.
3. Het onderzoek van de mamma op maligne aandoeningen zonder gebruik te maken van de thermographie dient als onvolledig te worden beschouwd.
4. Bij cerebrovasculaire stoornissen kan het thermographisch onderzoek aanwijzingen geven over een extra- of intra-craniële lokalisatie.
5. Wanneer de diagnose "Syndroom van Tietze" op grond van het klinische beeld wordt overwogen, dient een thermographisch onderzoek te worden verricht.
6. Een beoordeling van het resultaat van een ingreep ter verbetering van de circulatie in de extremiteiten kan op eenvoudige wijze geschieden door het verrichten van een thermographisch onderzoek vóór en ná de ingreep.
7. De hartcatheterisatie dient slechts op scherp omschreven indicatie te worden verricht.

Leading Article, The Lancet, 1968 II, no 7567: 547-548.

8. Het onderzoek van organen of orgaanstelsels met behulp van contrastvulling van de desbetreffende vaten kan slechts verder ontwikkeld worden door concentratie van deze methode in één hand.
9. Het is niet zeker, dat een diagnostische biopsie uit een huidtumor de kans op het ontstaan van metastasen in de hand werkt.

J. H. Frenken, Dermatologica, 138: 165-168 (1969).

---



10. Bij de behandeling van het afgekapseld subduraal haematoom verdient evacuatie van de inhoud via boorgaten de voorkeur boven het blootleggen ervan door het maken van een uitgebreide botlap.

H. J. Svien en J. E. Gelety, J. Neurosurg. XXI, 3: 172-177 (1964).

11. Revascularisatie van het myocard door middel van een operatie volgens Vineberg is een palliatieve ingreep ter behandeling van een coronaire insufficiëntie.

J. L. Proven, G. L. Hammond en W. G. Austen, J. Thoracic. & Cardiovas. Surg., 52: 820-832 (1966).

H. Gorlin, Bull. N.Y. Acad. Med., 44: 994-1011 (1966).

W. G. Trapp, J. D. Burton en P. Oforsagd, J. Thoracic. & Cardiovas. Surg., 57: 450-454 (1969).

12. Het is onjuist een programma van eisen voor een te bouwen röntgendiagnostiekafdeling op te stellen aan de hand van gegevens over de huidige toestand. De zeer expansieve groei van het aantal diagnostische röntgenonderzoeken zal bij deze opstelling een overwegende rol moeten spelen.

C. B. A. J. Puijlaert, Ned. T. v. G., 112: 1503-1504 (1968).

G. Leroux, J. Belge de Radiol. 51: I-XII (1968).

R. Nicolai, Het Ziekenhuiswezen, 42: 16-37 (1969).





RIJKSUNIVERSITEIT TE GRONINGEN

# Medische Thermographie

Verkenningen op het gebied der  
toepassingsmogelijkheden

PROEFSCHRIFT

TER VERKRIJGING VAN HET DOCTORAAT IN DE  
GENEESKUNDE AAN DE RIJKSUNIVERSITEIT TE  
GRONINGEN OP GEZAG VAN DE RECTOR MAGNI-  
FICUS DR. J. TH. SNIDDERS, HOGLERAAR IN DE  
FACULTEIT DER SOCIALE WETENSCHAPPEN, IN  
HET OPENBAAR TE VERDEDIGEN OP WOENSDAG  
11 JUNI 1969 DES NAMIDDAGS TE 4 UUR

door

NICOLAAS JOHANNES MARIA AARTS

geboren te Eindhoven

1969

DRUKKERIJ HENRI BERGMANS N.V., TILBURG

Promotor: PROF. DR. J. R. BLICKMAN

Coreferent: DR. H. C. STAM

Dit proefschrift werd bewerkt op de afdeling Thermographie van de Röntgen-diagnostiekafdeling (Hoofden: Dr. C. B. A. J. Puijlaert, C. van der Tas en N. J. M. Aarts, radiologen) van het St. Elisabeth Ziekenhuis te Tilburg.

De systematische toepassing van de medische thermographie is sedert 1963 in het St. Elisabeth Ziekenhuis tot ontwikkeling gekomen op initiatief van Dr. C. B. A. J. Puijlaert.

*Aan mijn vrouw  
Aan mijn kinderen Annemarie  
Hans-Christiaan  
Marina  
Nico jr.*

Doordat zovelen op enigerlei wijze deel hebben gehad aan het tot stand komen van dit proefschrift, is het mij onmogelijk hen allen met name te noemen.

Mijn dankbaarheid voor hun onmisbare steun in de vorm van voortdurende aandacht, aanmoediging of waardevolle suggesties wil ik daarom op deze wijze tot uitdrukking brengen.

Een deel van deze studie werd mogelijk gemaakt door financiële ondersteuning van de gezondheidsorganisatie T.N.O.

# INHOUD

Inleiding . . . . .	1
---------------------	---

## Hoofdstuk I:

### De basis van de thermographie

Paragraaf 1: Theoretische beschouwingen over de huidtemperatuur . . .	3
Paragraaf 2: Theoretische beschouwingen over de meting van de huidtemperatuur met behulp van de thermographie . . . . .	8

## Hoofdstuk II:

A: De techniek van het thermographisch onderzoek . . . . .	17
B: Overzicht van de huidige gangbare apparatuur . . . . .	22

## Hoofdstuk III:

### Het thermographisch onderzoek van de mamma

Paragraaf 1: Het normale mammathermogram . . . . .	31
Paragraaf 2: Het thermogram bij ontstekingen van de borstklier . . . . .	36
Paragraaf 3: Het thermogram bij het mammacarcinoom . . . . .	38

## Hoofdstuk IV:

### Het thermographisch onderzoek van de schedel

Paragraaf 1: Het normale aangezichtsthermogram . . . . .	53
Paragraaf 2: Het faciale thermogram bij circulatiestoornissen . . . . .	56
Paragraaf 3: Het thermogram bij cerebrale tumoren . . . . .	64
Paragraaf 4: Het thermogram bij migraine, trigeminusneuralgie enz. . . . .	66

## Hoofdstuk V:

### Het thermographisch onderzoek van de extremiteiten

Paragraaf 1: Het normale thermogram . . . . .	71
Paragraaf 2: Het thermogram bij circulatiestoornissen . . . . .	75
Paragraaf 3: Het thermogram bij ontstekingen en fracturen . . . . .	82
Paragraaf 4: Het thermogram bij maligne aandoeningen . . . . .	84
Paragraaf 5: Het thermogram bij verbrandingen en bevriezingen . . . . .	85
Paragraaf 6: Incidentele waarnemingen . . . . .	88

## Hoofdstuk VI:

### Het thermographisch onderzoek van de romp

Paragraaf 1: Het normale thermogram . . . . .	93
1.1: De hals . . . . .	93
1.2: De thorax . . . . .	95
1.3: Het abdomen . . . . .	96
1.4: De rug . . . . .	97

Paragraaf 2: Het gestoorde thermogram . . . . .	98
2.1: Afwijkingen van de hals . . . . .	98
2.1.1: Het thermogram bij aandoeningen van de glandula thyreoclea en de tonsillen . . . . .	98
2.1.2: Incidentele waarnemingen . . . . .	102
2.2: Het thermogram bij aandoeningen van de thorax . . . .	102
2.2.1: Het thermogram bij het syndroom van Tietze . . . .	102
2.2.2: Het thermogram bij andere thorax aandoeningen (inci- dentele waarnemingen) . . . . .	107
2.3: Het thermogram bij afwijkingen in het abdomen . . . .	109
2.3.1: De thermographische placentelokalisatie . . . . .	109
2.3.2: Andere intraabdominale aandoeningen . . . . .	111
2.3.3: Het thermogram bij verbrandingen . . . . .	114
2.3.4: Diverse incidentele waarnemingen . . . . .	114
2.4: Het thermogram bij afwijkingen van primaire of sekun- daire aard van de rug . . . . .	116

## Hoofdstuk VII:

De thermographie bij de evaluatie van chirurgische of medicamen- teuze therapie . . . . .	121
--	-----

## Hoofdstuk VIII:

### Toekomstverwachtingen betreffende de thermographie

1: De opportuniteit van een snelle uitbreiding van de thermographie . . . .	129
2: Financiële konsekventies en organisatie . . . . .	130
3: Geïntegreerd gebruik van de thermographie in de diagnostiek door de röntgenoloog . . . . .	130
4: Verlengde en verwachte verbeteringen; massaal of individueel gebruik; kleurenthermographie . . . . .	132
Samenvatting . . . . .	137
Summary . . . . .	139
Bijlage I: Terminologie en werkdefinities . . . . .	141
Bijlage II: Naamlijst fabrikanten en hun vertegenwoordigers in Nederland	145
Literatuur . . . . .	147

## INLEIDING

In de geneeskunde zijn voor het stellen van de diagnose velerlei gegevens beschikbaar, die van verschillende richtingen afkomstig zijn. Naast de gegevens van het klinisch onderzoek en die van het laboratoriumonderzoek komt een belangrijk gedeelte uit onderzoeken, die men „technisch” zou kunnen noemen, daar hiervoor - soms uitgebreide - apparatuur nodig is, zoals bij het röntgenonderzoek en het elektrokardiografisch onderzoek.

Het aantal onderzoeken en de uitgebreidheid van de te verzamelen gegevens wordt meestal bepaald door het verlangen de faktor „onzekerheid”, die in elke diagnose nog is vervat, zo klein mogelijk te maken.

Toch dient men zich bij iedere patiënt af te vragen hoe uitgebreid het onderzoek zal zijn en welke lasten men de patiënt mag aandoen om het risico van gemiste, mogelijk essentiële gegevens steeds verder te beperken.

Sinds enkele jaren is een nieuwe onderzoeksmethode in de belangstelling gekomen, die naast bijzonder weinig belastend voor de patiënt te zijn, belangrijke informatie zou leveren. De methode berust op het meten en zichtbaar maken van de door de huid uitgezonden infrarode straling en wordt „thermographie” genoemd.

Gezien de in 1965 daarover beschikbare mededelingen in de literatuur, waarbij een positieve waarde aan deze methode werd toegekend, was een nader onderzoek gerechtvaardigd. Bovendien zou dit onderzoek dan systematisch kunnen zijn en vooral gericht op het verkrijgen van een indruk over de mogelijkheden en over de belasting voor de patiënt. De aanvankelijke berichten waren vooral gebaseerd op incidentele toepassingen en nog weinig gedetailleerd.

Dit proefschrift is gebaseerd op onze ervaring met de thermographie in een algemeen ziekenhuis gedurende twee en een half jaar, thans in totaal ongeveer 1125 onderzoeken omvattend.

Ofschoon onze ervaringen nog beperkt zijn, mag het toch verantwoord geacht worden deze te toetsen aan datgene, wat in de loop van de laatste jaren werd gepubliceerd.

Bovendien kwam het ons gewenst voor te onderzoeken of reeds een afgrenzing tot stand zou zijn te brengen tussen die aandoeningen, waarbij thermographisch onderzoek informatie van betekenis kan verstrekken en die, waarbij dit niet het geval is.

Bij ons onderzoek hebben wij gemeend een systematische indeling te hebben gemaakt door het lichaam in diverse regionen te verdelen, waarbij de mamma als een geheel eigen onderzoeksgebied wordt beschouwd. Dit laatste is vooral gedaan, omdat enerzijds lokalisatie en bouw in deze richting deden denken, en anderzijds ook wegens de ruimer ter beschikking staande literatuur over het thermographisch onderzoek van de mamma.

Tevens hebben wij geprobeerd reeds op theoretische gronden een indeling te verkrijgen in thermographisch toegankelijke en ontoegankelijke gebieden en aandoeningen.

Het beschrijven van het thermographische beeld van de normale lichaamsgebieden aan de hand van zowel literatuurgegevens als theoretische beschouwingen en eigen ervaring vonden wij een essentieel punt.

Daar vele auteurs bij deze nieuwe onderzoeksmethode vaak bevindingen bij één of enkele gevallen vermelden, terwijl dan vaak een voldoende analyse van gegevens ontbreekt en een zekere diagnose niet werd gesteld, zijn aanhalingen uit dergelijke literatuur van weinig waarde. Wij hebben derhalve getracht deze over het algemeen te vermijden.



## HOOFDSTUK I

### DE BASIS VAN DE THERMOGRAPHIE

#### *Par. I Theoretische beschouwingen over de huidtemperatuur*

In het lichaam heerst niet op elk niveau dezelfde temperatuur. Slechts een centraal gelegen gebied blijkt een konstante temperatuur te hebben. Dit gebied wordt de kern genoemd.

Het gebied, waar onder basale omstandigheden de kerntemperatuur wordt aangetroffen, omvat slechts het inwendige van de schedel en de romp. (ASCHOFF en WEVER, 1958)

Daaromheen bevindt zich een zōne, die steeds wisselt van dikte. Hier is de temperatuur niet konstant, maar afhankelijk van omgevingsfactoren. Deze zōne, schil genoemd, is geen anatomisch af te grenzen gebied.

De grenslagen tussen kern en schil kunnen afwisselend de temperatuur van de kern of van de schil hebben.

De oppervlakkige lagen van de schil hebben een temperatuur, die wisselt afhankelijk van de omgevingstemperatuur.

Bij de medische thermographie gaat het uitsluitend om de temperatuur van de schil, die dienst doet als bufferzōne tussen de kerntemperatuur (of lichaamstemperatuur in engere zin) en de temperatuur van het milieu (MALI, 1950, v.d. HORST, 1958).

Het bepalen van de lichaamstemperatuur is een sinds  $\pm 100$  jaar gestandaardiseerde methode. Hier zal verder niet op worden ingegaan, daar deze temperatuur van weinig betekenis is voor de thermographie.

Uit de functie van het lichaamsoppervlak als intermediair tussen kerntemperatuur en buitenwereld en als regulator van de kerntemperatuur volgt, dat de huidtemperatuur niet konstant zal zijn, maar zal wisselen van plaats tot plaats en naargelang de buitentemperatuur. Gewoonlijk is zij lager dan de kerntemperatuur (HENSEL, 1952). Reeds de Nederlanders SLUITER en v. RIJNBERG (1928) volgden die temperatuursveranderingen bij hun studie over de aanpassing van de huidtemperatuur aan de omgevingstemperatuur.

De regulerende functie van de schil is vooral door STRÖM (1950) onderzocht door direkte stimulering van de hypothalamus zowel met warmte als koude. De huidvaten toonden dilatatie bij verwarming en konstriktie bij afkoeling van dit gebied. Het bleek, dat vooral verwarming van het voorste hypothalamusge-

bied reaktie opriep, maar dat de kwantiteit van de vasodilatatie tengevolge van deze plaatselijke verwarming in belangrijke mate wordt beïnvloed door de veranderingen in de lokale huidtemperatuur. Bovendien kon STRÖM op grond van zijn proefopstelling komen tot de veronderstelling, dat de belangrijkste werking van een lokale temperatuursverandering van de huid direkt op de huidvaten is gericht en niet via de hypothalamus gereguleerd wordt. Dit past goed in het beeld van de beschermende rol van de schil.

De huidtemperatuur is een resultante van warmteopname uit de omgeving en warmteafgifte aan die omgeving. Het warmteverlies door de huid komt tot stand door verdamping, door geleiding en door straling. Deze straling, waarbij elektromagnetische trillingen in het golflengte gebied van het infrarood het huidoppervlak verlaten, neemt  $\pm 50\%$  van het warmteverlies voor haar rekening. (fig. 1)

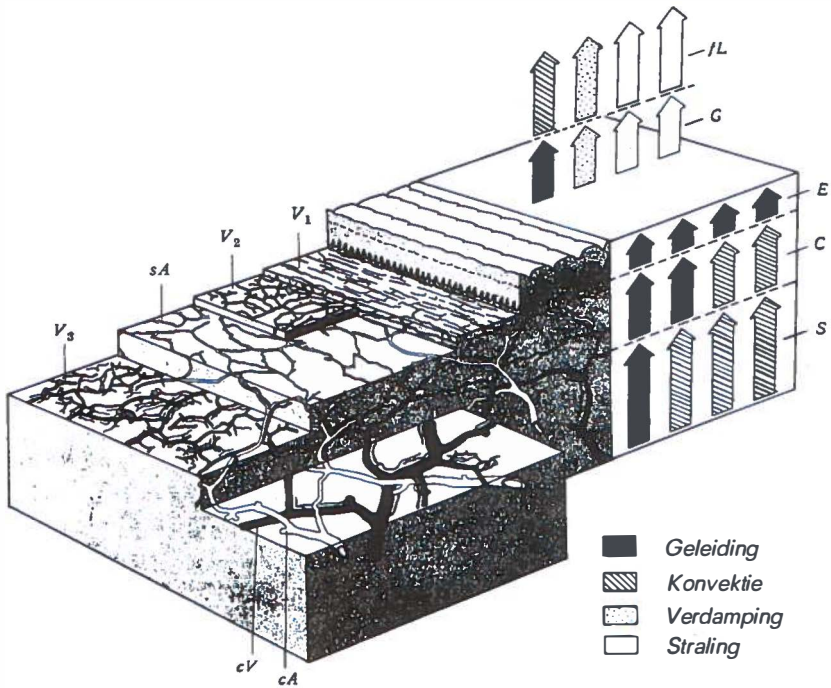


Fig. 1: Schema van de bloedverzorging van de huid in samenhang met het warmtetransport. SA: Subpapillaire arteriele plexus; CA: cutane arteriele plexus; V<sub>1</sub>, V<sub>2</sub>, V<sub>3</sub>: veneuze plexus; cV cutane veneuze plexus; S: subcutis; C: Corium; E: Epidermis; G: "grenslaag" (stilstaande lucht); fL: omgevingslucht. Het aantal pijlen geeft een globaal aanknopingspunt voor het procentuele aandeel van de verschillende wijzen van warmtetransport.

Uit: H. Hensel: Physiologie der Thermoreception (1952)

De fysische achtergrond van de warmtestraling werd toegankelijk voor nader onderzoek sinds deze in 1800 werd ontdekt door SIR WILLIAM HERSCHEL, van wie eveneens de benaming infrarood-straling naar de plaats in het spectrum ten opzichte van het zichtbare licht afkomstig is.

Het was zijn zoon SIR JOHN, die in 1840 deze straling zichtbaar wist te maken door het verschil in verdamping van alcohol in de diverse spektraalkleuren te benutten.

De warmte, voornamelijk in de kern geproduceerd, wordt hoofdzakelijk via de circulatie naar de huid getransporteerd. Deels gebeurt dit via de „gewone” bloedvoorziening van de huid, zoals door de uitvoerige proeven van BRÄNEMARK (1969) aan het konijnenoor werd aangetoond. Maar deels is er ook een direct warmtetransport naar de huid door een „eigen vertikaal venensysteem”, zoals het onderzoek van COOPER, RANDALL en HERTZMAN (1959) heeft laten zien. Door iontophorese van adrenaline konden de arteriele systemen in de huid worden geëlimineerd, maar desondanks vond een „normale” temperatuurstijging van de huid boven de actieve spieren plaats, „although this drug thus administered blanches the skin and eliminates the local cutaneous volume pulses”. Als konklusie van hun studie stellen de auteurs, dat ook het veneuze net in de huid, dat tot de huidskleur bijdraagt, niet meedoet en dat het „eigen vertikale veneuze systeem” óf de spier doorloopt óf de spiervaten verbindt met het huidnet. Bovendien konkludeerden zij op grond van hun proeven dat het warmtetransport naar de huid via konduktie van weinig of geen belang is. Verbreking van alle vaatverbindingen tussen actief spierweefsel en er boven liggende huid deed de temperatuur aan het oppervlak niet of nauwelijks toenemen. Slechts in de vaatloze oppervlakkige huidlagen speelt de konduktie een rol (HENSEL, 1952). Anderzijds toonde STRÖM (1950) aan, dat lokale afkoeling van de huid aanleiding geeft tot vasokonstriktie, maar dat deze gekontraheerde bloedvaten daardoor tegelijkertijd ongevoelig worden voor centrale stimulatie en op kommando's van uit de hypothalamus niet meer reageren.

Ofschoon veranderingen van de bloedstroom in de huid overeenkomstige temperatuursveranderingen van de huid veroorzaken, betekent dit niet, dat deze beide veranderingen lineair met elkaar verband houden. (STRÖM, 1960). Doordat de temperatuur in de kern hoger is dan in de schil zal de warmtebeweging in de richting van het lichaamsoppervlak plaats vinden. (ASCHOFF en WEVER, 1959). Uit onderzoekingen van HENSEL (1952) blijkt, dat onder normale omstandigheden het temperatuursverval in de bovenste huidlaag tot 2 mm diepte gemiddeld 0,2° tot 0,5° C per mm bedraagt. Onder „normale” omstandigheden wil zeggen: bij onbedekte huid zonder zonnestraling en bij afwezigheid van luchtbewegingen, terwijl de luchttemperatuur 22° C bedraagt. Ook

bleek, dat dit temperatuursverval steiler verloopt als de buitentemperatuur lager is, en omgekeerd, dat het temperatuursverloop vlakker is bij verhoging van de buitentemperatuur.

Een eveneens belangrijke waarneming was, dat dit temperatuursverval, of de temperatuursgradient, in de huid, steiler respectievelijk vlakker wordt als de warmte afgifte makkelijker respectievelijk moeilijker verloopt. Bovendien gaan de reacties van de huiddoorbloeding op warmte-regulerende impulsen gepaard met tegengestelde reacties in de diepere organen als spieren en ingewanden. (BARCROFT, BOCK, HENSEL en KITCHEN, 1955; GLASER, 1949; GLASER, BERRIDGE en PRIOR, 1950; REIN, 1931; STRÖM, 1960) Dit betekent dus, dat vasokonstriktie in de huid gepaard gaat met vasodilatatie in de dieper gelegen gebieden. Dat wil zeggen, dat het warmtegeleidingsvermogen van de dieper gelegen weefsels toeneemt in vergelijking met het min of meer konstant blijven van dit vermogen in de huidlagen. Hieruit volgt echter ook, dat de huidtemperatuur geen betrouwbare maat voor de huiddoorbloeding geacht mag worden (HENSEL, 1952). Daarnaast is het vochtgehalte van de huid van invloed op het warmtegeleidingsvermogen, in het bijzonder van de bovenste huidlagen, en niet de doorbloeding. (ASCHOFF en WEVER, 1959a).

Uit het bovenstaande volgt, dat er een belangrijke directe relatie bestaat tussen kern en schiltemperatuur, maar het is niet mogelijk uit het meten van de kerntemperatuur enige waarneming te verkrijgen omtrent de schiltemperatuur. In het „milieu interne” is de temperatuur als regel bepaald door warmteproductie en afgifte naar de omringende schil, hetgeen vooral beïnvloed wordt door de bloedvoorziening. De temperatuur van de schil is nagenoeg uitsluitend een gevolg van warmteverlies, daar productie van warmte in de schil nauwelijks een rol speelt. In rust bedraagt deze voor huid en spieren tesamen niet meer dan 18 % van de totale warmteproductie.

In wezen zijn de factoren, die de schiltemperatuur bepalen de straling, de geleiding en de verdamping. Het verlies via straling richt zich vooral naar de uitwendige temperatuursgradiënt. (ASCHOFF en WEVER, 1958). Door nu de omstandigheden van het milieu zodanig te maken, dat de warmteafgifte zoveel mogelijk plaats vindt via een meetbaar proces, dus door straling, is het mogelijk de huidtemperatuur punt voor punt te bepalen.

De afkoelingswet van Newton geeft aan, dat de warmtestroom proportioneel toeneemt met het temperatuursverval tussen lichaamsoppervlak en omgeving. Met andere woorden met behulp van deze wet kan zelfs het warmteverlies naar buiten berekend worden. Hierdoor wordt dus ook informatie verkregen over de temperatuur in de onderliggende lagen (ASCHOFF en WEVER, 1959b).

De onderzoeken van HARDY (1934a,b,c,d, 1936, 1939) hebben aange-

toond, dat de menselijke huid voor infraroodstraling met een golflengte van 4 mikron of langer als een „zwart lichaam” is te beschouwen. Dit betekent, dat de uitgezonden infraroodstraling direkt afhankelijk is van de huidtemperatuur en daarvoor een maat is.

De metingen van MALI (1950) hebben eveneens van dit principe gebruik gemaakt, maar de waarnemingen werden verricht met direkt op de huid liggende temperatuurgevoelige elementen. Door STOLL (1964) werd er op gewezen, dat deze waarnemingsmethoden tot onjuiste resultaten kunnen leiden, doordat de applikatiemethode direkt invloed uitoefent op factoren, die de huidtemperatuur beïnvloeden als b.v. de doorbloeding.

Voor ons doel is evenwel een der belangrijkste resultaten van het onderzoek van MALI, in 1958 door van der Horst aangevuld, dat de huidtemperatuur aan grote wisselingen onderhevig is.

Juist deze wisselingen doet MALI (1969) konkluderen, dat een op deze wijze gemeten verschil van  $3^{\circ}$  tot  $5^{\circ}$  C tussen symmetrische punten geen enkele betekenisbehoeft te hebben.

Hij beroept zich hierbij op het onderzoek van GASSELT en VIERHOUT uit 1963 en van SPRUIT uit 1967. Voor de aangrenzende gebieden meent MALI op grond van de proeven van van der STAAK uit 1966 te mogen stellen, dat minimaal een verschil van  $1^{\circ}$  à  $1\frac{1}{2}^{\circ}$  C nodig is om betekenis te hebben. Dit wordt door hem geadstrueerd door de hier normaliter vrij snel optredende egalisatie van de temperatuur zowel door konduktie als door konvektie via het bloed.

LAMPERT en EIGEL (1964) hebben eveneens gebruik gemaakt van de direkte funktionele relatie tussen infraroodstraling en huidtemperatuur voor het opstellen van „huidtemperatuurskaarten” met behulp van infrarood-gevoelige apparatuur op 20-40 cm afstand. Zij hebben daartoe een thermoelement volgens een vaste spiraalbeweging rond een aantal proefpersonen bewogen en komen tot de konklusie, dat het warmtepatroon symmetrisch is en dat de as van deze symmetrie door de middellijn gevormd wordt, zowel vóór als achter. Zij vonden het grootste verschil in temperatuur tussen de koudste en warmste gebieden in de orde van grootte van  $6^{\circ}$  à  $6^{\circ}.5$  C. Ofschoon hun meetnauwkeurigheid  $0.02^{\circ}$  C kon bedragen, zagen zij op grond van het niet geheel lineair verlopen van de infraroodstralingsintensiteit en de temperatuur af van een grotere nauwkeurigheid dan  $0.1^{\circ}$  C tot  $0.2^{\circ}$  C.

Zij voegden er aan toe: „Im übrigen ist zu bedenken, dass genauere Absolutbestimmungen medizinisch ohne Belang sind, weil auch die Temperatur der Haut selber während der Messung gewissen Schwankungen unterliegen kann”.

Overigens zagen zij geen invloed van maaltijd, tijdstip van de dag, jaargetijde, of fase van de menstruele cyclus. Dit staat in tegenstelling tot de bevindingen

gen van MALI (1951) en VAN DER HORST (1958), die een daling tot  $10^{\circ}\text{C}$  van de huidtemperatuur van de onderste extremiteiten vonden na de maaltijd.

Indien het huidoppervlak in verhouding tot het volumen van een lichaamsdeel groot is, zal er een groter warmteverlies zijn (b.v. extremiteiten, neus, oor.) dan waar de verhoudingen omgekeerd liggen. Anderzijds zal de aanwezigheid van isolerende vetlagen, zelfs ter plaatse van een goede vaatvoorziening, een duidelijke belemmering van warmtetransport veroorzaken, zodat deze gebieden kouder zijn dan waar deze vetlaag ontbreekt (b.v. nates t.o.v. fossa jugularis of fossa supraclavicularis), zoals uit de proeven van CANNON et al. (1960) bleek. Daarom is de opmerking van LAMPERT en EIGEL (1964), dat „es also denkbar ist, dass die Hautdurchblutung nicht für die ganze Körperoberfläche gleichmässig ist und so beim Zustandekommen der Temperaturprofile eine Rolle spielt“, niet volledig te achten.

Bij het meten van de huidtemperatuur dient men zich dus te realiseren, dat enerzijds een waarneming op enkele punten door middel van directe contactmetingen geen konklusies omtrent „de huidtemperatuur“ toelaat, maar dat anderzijds een middelen van een aantal waarnemingen op een bepaald punt nog te weinig informatie kan verstrekken.

De kwaliteit van de informatie wordt bevorderd door de waarnemingen van symmetrische punten met elkaar te vergelijken, waarbij dan tevens als extra-referentiepunt de aangrenzende gebieden beiderzijds betrokken kunnen worden. Natuurlijk zal men alleen dan omtrent de huidtemperatuur ter plaatse geïnformeerd worden, als de wisselende factoren in het warmteverlies — verdamping en geleiding aan het huidoppervlak en in de aangrenzende luchtlaag — zijn geëlimineerd.

## *Par. 2 Theoretische beschouwingen over de thermographie*

Het oppervlak van elk voorwerp emitteert infrarood-straling, waarvan het spektrum afhangt van de absolute temperatuur van dat oppervlak en van de emissiviteit daarvan. Een „zwart lichaam“ nu absorbeert alle van buitenaf komende warmtestraling en alleen de infraroodstraling tengevolge van de eigen temperatuur verlaat het oppervlak. De „straling van een zwart lichaam“ kan omschreven worden als de warmtestraling van het oppervlak van een objekt, dat zich in volslagen warmte-evenwicht met de omgeving bevindt.

Met behulp van de infraroodstralingsmeting is de huidtemperatuur te bepalen, indien de menselijke huid een „zwart lichaam“ is.

De proeven van HARDY hebben aangetoond, dat de menselijke huid met een „zwart lichaam“ gelijk gesteld mag worden, en dus een emissiviteit van één heeft, tenminste voor de infraroodgolflengten van 4 mikron of langer. BUCHMÜLLER

LER (1961) kon deze waarde bevestigen voor de golflengten van 3 tot 15 mikron. Daardoor is het mogelijk door het meten van de intensiteit van de infraroodstraling de huidtemperatuur te bepalen.

Enkele andere auteurs (ELAM, GOODWIN en WILLIAMS, 1963; BÜTTNER, 1937) geven op, dat deze waarde pas bereikt wordt bij een golflengte van 6 mikron of langer. Bij kortere golflengten zou de emissiviteit van de huid schommelingen tussen 0,5 en 1 vertonen en dus geen zwart lichaam meer zijn. Daar de maximumintensiteit van de straling bij de huid bij 9.7 mikron ligt (fig. 2), is dit voor de

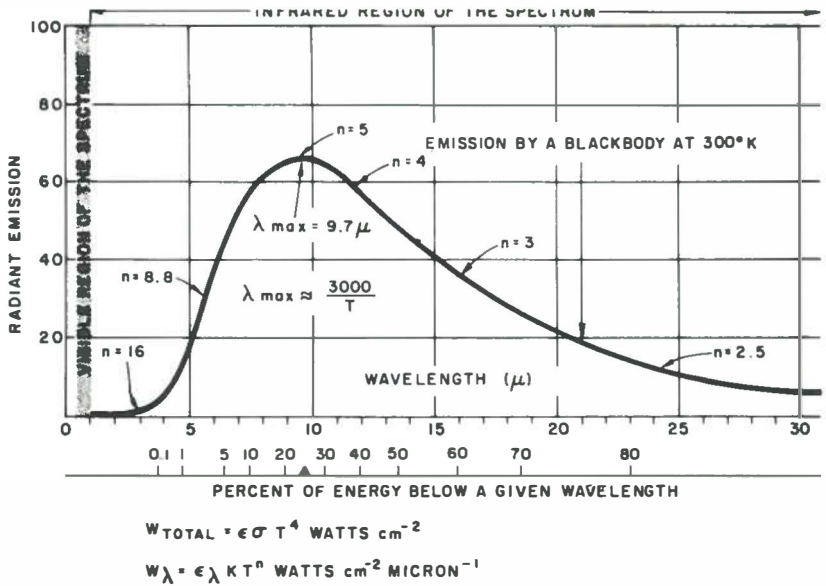


fig. 2: golflengte-intensiteitsverdeling in het infra-rood bij 300°K.

huidemissiviteit van weinig belang. Deze onregelmatigheid in de emissiviteit zou misschien een rol kunnen spelen bij bepaalde typen detectoren. Overigens bepaalden met name ELAM en medewerkers de emissiviteit aan de hand van bewerkte huid, daartoe na de dood uit de buikhuid genomen. Dit verklaart misschien het verschil in resultaat ten opzichte van HARDY en BUCHMÜLLER, die hun metingen verrichtten met huid in situ bij de levende mens.

De huid heeft dus zulke eigenschappen voor infraroodstraling. Dit betekent, dat pigmentatie of het ontbreken daarvan géén invloed uitoefent op het warmtestralenspektrum, in tegenstelling tot invloeden daarvan op het zichtbare licht. Voor deze veel kortere golflengten is de huid „doorzichtig” en pigment een belemmerende faktor.



Het huidoppervlak moet wel in een warmte-evenwicht zijn, daar anders de huid, en dus de schil, voortdurend óf warmer óf kouder zou worden.

De thermographie biedt de mogelijkheid van lokale waarneming van de schiltemperatuur en de verschillen daarin.

Bovendien is een belangrijke foutenbron — b.v. het onvoldoende contact met de huid van het thermo-element, zowel als de beïnvloeding van de circulatie door druk geëlimineerd, doordat de waarneming op afstand geschiedt.

Doordat nu de intensiteit gemeten wordt binnen een beperkt golflengtegebied, dat afhankelijk is van de temperatuur, en deze meting een vergelijkende is, is het mogelijk deze op afstand te verrichten. Ofschoon voor de infraroodstraling, als elektromagnetische trilling, zoals voor het zichtbare licht en de röntgenstraling, de kwadratenwet geldt, is de afstand ten opzichte van de meetapparatuur van sekundair belang, zolang punten, die op een gelijke afstand van de detektor gelegen zijn met elkaar vergeleken worden. Hieruit volgt echter tevens, dat het vergelijken van op ongelijke afstand van de detektor gelegen punten tot drogbeelden en foutieve informatie moet leiden.

De thermographie biedt de mogelijkheid zowel vergelijkende temperatuurmetingen te verrichten tussen verschillende huidpunten, als — bij gelijktijdige meting van de straling van een warmtebron met zwart-lichaam kenmerken en van bekende temperatuur in het gebied van de kerntemperatuur — een meting in absolute waarden.

De apparatuur — in hoofdstuk II B nader omschreven — is voortgekomen uit voor militaire doeleinden ontwikkelde apparaten. De ontwikkelingsgang hiervan is niet toegankelijk en wij zullen dus het bestaan van de thermographische apparaturen als gegeven moeten aanvaarden. De militaire toepassing betrof en betreft hoofdzakelijk het lokaliseren van warmtebronnen.

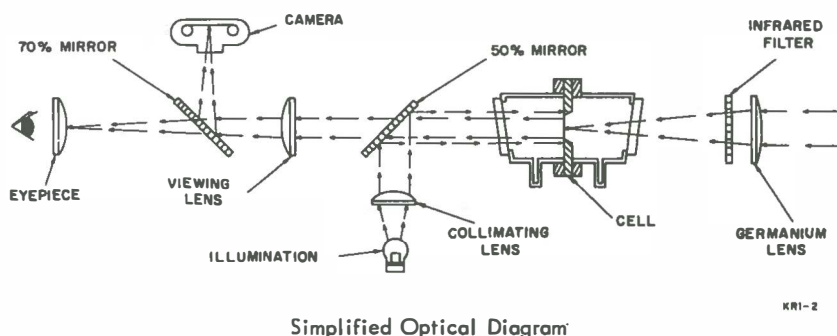
Het vrijgeven van deze toestellen voor niet-militair gebruik heeft een gunstige invloed gehad op de ontwikkeling van de thermographie. De temperatuurmeting werd ingevoerd.

Evenwel had CZERNY in 1929 kans gezien een toestel te bouwen, dat infraroodstraling zichtbaar kon maken door voort te bouwen op de methode van SIR JOHN HERSCHEL uit 1840. De ongelijkmatige verdamping van een dunne laag olie ten gevolge van ongelijke hoeveelheden warmtestraling was de basis. De methode werd door CZERNY „evaporographie” genoemd. Veel opgang heeft deze methode door zijn ingewikkeldheid en zijn vrij grove kwaliteit van de informatie niet gemaakt. (fig. 3).

De ontdekking van verschillende verbindingen, die onder invloed van hun temperatuur van elektrische eigenschap veranderen, heeft betere mogelijkheden geschapen. Want ook de methode van URBACH, NAIL en PEARLMAN (1949) om de infraroodstraling van de menselijke huid zichtbaar te maken met behulp



van het verschil in fluorescentie van bepaalde fosforverbindingen afhankelijk van hun temperatuur, had geen praktische toepassing kunnen vinden. Deze auteurs hadden al een zekere ontwikkeling gebracht in de meting van de huidtemperaturen door zowel een methode, waarbij direct huidcontact noodzakelijk was, te brengen — „Contact Thermography” — als een, waarbij op afstand gemeten kon worden — „Projection Thermography” —. Naast de ingewikkeldheid van de methode was een grote mate van ongevoeligheid een nadelige faktor: „the detectionlimit for temperature differences of approximately black radiators is at present in the neighbourhood of  $4^{\circ}$  to  $5^{\circ}$  C”.



Simplified Optical Diagram

fig. 3: *EVAPOROGRAPH.*

De keuze van de fosforverbinding was zeer belangrijk. Om bruikbaar te zijn diende één graad temperatuursverschil een helderheidsverandering van minstens 5 % te veroorzaken om meetbaar te zijn. Er zijn evenwel fosformengsels, die onder ideale omstandigheden daarbij een helderheidsverschil van 20 % tonen!

Als tussenfase, vóór het gebruik van thermo-elektrische elementen in zwang kwam, verscheen in het begin der vijftiger jaren wederom de evaporographie (LAWSON, 1956; Mc. DANIEL en ROBINSON, 1962). Maar ook hier waren de bezwaren verbonden aan de ingewikkeldheid van de methode en de relatief geringe gevoeligheid nog steeds oorzaak van een hernieuwd blijven steken in een min of meer experimenteel stadium.

Toen de thermistor-bolometer (BRATTAIN et al., 1946) en de photo-konduktieve en photo-elektrische detektoren (ASTHEIMER et al., 1959; AVERY et al., 1957) gebruikt konden worden is de toepassing van het meten van de huidwarmtestraling sterk verbreid geraakt. Als gevolg hiervan zijn talrijke publikaties verschenen op het gebied der klinische toepassingen. (WILLIAMS en medewerkers, 1960, 1961, 1963, 1964a,b,c, 1965 enz.; GERSHON-COHEN en medewerkers, 1964, 1965, 1967; Gros en medewerkers 1966, 1967, 1968, 1969, en vele anderen.).

Hierbij gaat het om door aan het huidoppervlak te meten, informatie te verkrijgen over de processen, die zich er onder afspelen en een invloed uitoefenen op de huidtemperatuur.

Het in kaart gebrachte warmtebeeld — het thermogram — toont een resultaat van warmtetransport uit de diepte en vanuit de in de huid verlopende vaten.

Het is belangrijk dit oppervlakkige „vaatpatroon” zoveel mogelijk te onderdrukken door vasokonstriktie. Dit wordt het meest eenvoudig bereikt door afkoeling. De van diepere lagen komende warmte-informatie wordt niet onderdrukt, maar versterkt door de reflektore vasodilatatie in deze lagen (STRÖM, 1952; BARCROFT et al., 1955; GLASER, 1949; GLASER et al., 1950; REIN, 1934).

De thermographische beelden bestaan nu uit talloze grijsnuances als resultaat van in elektriciteit en licht omgezette warmtestraling. Ofschoon gewoonlijk gesproken wordt over huidtemperaturen en „warme” en „koude” gebieden, weergegeven door „wit” resp. „zwart”, is dit in feite onjuist. Hetgeen thermographisch zichtbaar gemaakt wordt zijn verschillen in stralingsintensiteit. Bij een „normale” huid met een emissiecoëfficiënt van één mag wel gesproken worden van temperatuur respektievelijk temperatuursverschillen.

Het vinden van een in het oog springende „witte” of „zwarte” vlek, gewoonlijk aangeduid als „hot spot” of „cold spot”, mag echter eerst dan als „warm” of „koud” aangemerkt worden als de huid intact is. Immers een verandering in warmtestraling kan veroorzaakt worden door een verandering in stralingseigenschappen van de huid en/of door een verandering in de warmteproductiebron.

Bij het aanwezig zijn van een „normale” huid dient echter rekening te worden gehouden met extern isolerende lagen als de haargroei.

Bij een normaal stralingspatroon, dat wij met de bovenvermelde restricties en overwegingen ook warmte- of temperatuurspatroon zullen noemen, draagt aan dit beeld eveneens bij de verhouding tussen volumen en oppervlak. Immers het warmteverlies is in belangrijke mate afhankelijk van het oppervlak en is een functie van de grootte hiervan. Dit brengt met zich mee, dat de lichaamsacra een andere warmtestraling zullen tonen, doordat de temperatuur hier lager is. Zoals ASCHOFF en WEVER (1958) vermelden heeft hun onderzoek, zowel in vivo als aan een extremiteitenmodel, aangetoond, dat er een „axiaal warmte verval” is in de extremiteiten door het warmteuitwisselingseffect tussen warmer arterieel en kouder veneus bloed. Bij hogere omgevingstemperaturen wordt dit mechanisme klaarblijkelijk uitgeschakeld en bereikt warm arterieel bloed de periferie. De huidvenen bevatten dan terugstromend warm bloed en geven derhalve warmte aan de omgeving af.

Bovendien toonden zij aan, dat de straal van de oppervlaktekromming van

zeer veel belang is. Hoe kleiner deze is, hoe groter de warmte-afgifte, en daardoor de snelheid van afkoeling. Het vinden van een vrij weinig intensieve warmtestraling in het gebied van bij voorbeeld de neus, de oren en de kin is een normale waarneming. Het vinden van een belangrijk intensieve warmtestraling in deze gebieden moet daarentegen als pathologisch worden gezien.

Het zelfde „koude” beeld is te verwachten ter plaatse van de lichaamsopeningen, daar hier ter plaatse het karakter van de huid verandert en overgaat in slijmvlies en daardoor de emissiecoëfficiënt verandert.

Welke invloed deze coëfficiëntverandering op de stralingsenergie-emissie heeft moge blijken uit het volgende:

Een verandering van 1 % in de emissiviteit veroorzaakt een verandering in de uitgestraalde energie gelijk aan die, veroorzaakt door een verandering in huidtemperatuur van  $\pm 0.7^{\circ}\text{C}$  (CADE, 1968).

Anderzijds kan berekend worden, dat een variatie in de temperatuur van  $0.1^{\circ}\text{C}$  bij een gemiddelde huidtemperatuur van  $33^{\circ}\text{C}$  overeenkomt met een relatieve variatie in de emissiecoëfficiënt van 0.13 % . (GROS et al., 1968)

De konklusie, die hieruit getrokken mag worden, is tweeërlei:

a) de thermographische beelden mogen strikt genomen eerst als „temperatuurswaarnemingen” geduid worden, als bekend is, dat de huid een normale emissiecoëfficiënt heeft.

b) het vinden van een abnormale infraroodemissie dient geanalyseerd te worden naar cutane of dieper gelegen oorsprong.

Bovendien kan tevens opgemerkt worden, dat het vinden van verschillen in de orde van grootte van tienden van graden geen wezenlijke betekenis kan hebben.

De huidplooien en delen van het lichaam, die dicht bij elkaar gelegen zijn, hebben een sterke emissie als gevolg van de zogenaamde „cross radiation”, een wederzijdse beïnvloeding. Dit is een overeenkomstig effect als gevoeld wordt bij het op een geringe afstand boven elkaar houden van de handen, waarbij een duidelijk waarneembare „verwarming” ontstaat. De warmte, die over en weer wordt uitgestraald en geabsorbeerd leidt tot het na enige tijd intreden van een evenwichtstoestand als de lichaamstemperatuur is bereikt.

Daarom is het bij het thermographisch onderzoek b.v. belangrijk de armen en benen voldoende ver van respectievelijk de romp en elkaar verwijderd te hebben.

Op deze wijze is het mogelijk een der variabelen, waardoor de huidtemperatuur bepaald wordt, konstant te houden. De lichaamstemperatuur is de belangrijkste faktor, die bijdraagt tot het contrast in de huidtemperatuur. De proeven van BARNES (1963<sup>c</sup>) toonden het belang van een koele omgeving duidelijk

aan. Onder deze voorwaarden is tot op zekere hoogte ook „cross radiation” te vermijden.

Bij de beoordeling van een thermogram dient zeker de vraag gesteld te worden wat nu precies gezien wordt en hoe of dit verklaard kan worden.

Uitgaande van een normale toestand is op grond van het voorafgaande aan te nemen, dat de geregistreeerde infraroodstraling van het oppervlak afkomstig is, maar dat deze een afspiegeling is van de warmteproductie in de dieper gelegen lagen. Hoe diep deze warmtebron is gelegen hangt af van het aanwezig zijn van isolerende lagen. Het wisselen van de infraroodstralingsintensiteit aan het oppervlak wordt bovendien mede bepaald door de mate van vertikaal warmtetransport van punt tot punt. De groote van de onder de huid gelegen warmtebronnen is hiernaast essentieel te achten.

Indien het warmtebeeld duidelijke veranderingen toont, hetzij in vergelijking met het vroeger waargenomene, hetzij naar analogie aan beelden van anderen, kan men de oorzaak van deze verandering analyseren door de volgende mogelijkheden te overwegen:

a) verminderd warmtetransport in de huid, waarbij zowel de emissiviteit als de warmtetransportcoëfficiënt of beide veranderd kunnen zijn. Dit zal het geval kunnen zijn bij een niet normale huid.

b) toename van het metabolisme tengevolge van pathologische processen in de diepere weefsels.

c) verandering van de doorbloeding, toename zowel als afname, hetzij lokaal, hetzij regionaal.

Op grond van deze mogelijkheden tekenen zich verschillende ziektebeelden af, die een verandering in het warmtepatroon kunnen geven. In het algemeen zal vaatpathologie het warmtebeeld beïnvloeden door de verandering in de circulatie, evenals akute ontstekingen, die bovendien nog een verhoging van temperatuur veroorzaken door toename van het metabolisme. De afbraak (katabole fase) overheerst bij de ontstekingen en dit gaat gepaard met omzetting van energie in warmte (LIPMANN, 1946).

Ook chronische inflammatoire aandoeningen kunnen aanleiding geven tot een gestoord warmtepatroon op grond van de veranderingen in de circulatie. Vermoedelijk speelt grotere hitteproductie hier een ondergeschikte rol.

Een ervaring is het vinden van een verhoogde infraroodemissie van de huid boven maligne aandoeningen, zowel van oppervlakkig als van dieper gelegen tumoren. (LAWSON, 1956, 1957, 1958, 1964<sup>a,b</sup>; LAWSON en CHUGHTAI, 1963; WILLIAMS et al., 1961, WILLIAMS, 1963, 1964<sup>a,b,c</sup>, 1965, 1969<sup>a</sup>, YOUNG, 1967, 1968; GERSHON-COHEN et al., 1964<sup>a,b,c,f</sup>, 1965<sup>a,b,c</sup>, 1967<sup>b</sup>; GERSHON-COHEN, 1964<sup>d,e</sup>, 1967<sup>a,c</sup>; GROS et al., 1966<sup>a,b</sup>, 1967<sup>d,e</sup>; SWEARINGEN, 1965; WALLACE et al., 1965, 1968, 1969 (persoonlijke mededeling), AARTS, 1966<sup>a</sup>, 1967, 1968<sup>b</sup>, 1969<sup>a,b</sup> en

anderen). Hier speelt naast een toename van de vaatvoorziening een metabole faktor een rol. Immers de temperatuur van het bloed wordt bepaald door de metabole aktiviteit van het gepasseerde weefsel (REIN, 1931; HENSEL, 1952; COOPER et al., 1959). Bovendien verloopt de stofwisseling centraal in de tumor vaak anaeroob, hetgeen met grotere warmteproduktie gepaard gaat (LIPMANN, 1946).

Het vinden van een weer ongestoord warmtepatroon is voor het beoordelen van het sukses van een therapie waardevol. Daarnaast is het duidelijk, dat ook vóór een indruk van de effektiviteit van een toe te passen therapie thermographisch is te verkrijgen. (AARTS, 1969b, WILLIAMS 1963, 1964c, MANSFIELD et al., 1968)

Alle theoretische overwegingen kunnen echter niets af doen aan het feit, dat de thermographie zich bezig houdt met de straling, die de huid verlaat en dat het eigenlijke probleem is wat of uit deze straling gekonkludeerd kan worden. Tegen deze achtergrond kan de vraag gesteld worden, wat het nut van de thermographie is.

De vraagstelling voor ieder thermographisch onderzoek kan zich toespitsen op

- a) het aantonen van een pathologisch proces
- b) de localisatie van zo'n proces
- c) de aard van de pathologie
- d) de ernst van de afwijkingen, speciaal in functioneel opzicht.

De warmtestraling wordt niet gekarakteriseerd door de aard van de warmtebron, maar alleen door de temperatuur van die bron. Hieruit volgt, dat de mogelijkheid om met behulp van de thermographie een antwoord op punt c te geven, vervalst.

Vraag a is door de thermographie te beantwoorden. Het aantonen van een pathologisch warmtepatroon is daartoe voldoende.

Door de plaats van het pathologisch warmtepatroon is een topografische localisatie gegeven. Ook de omvang geeft een antwoord op de vraag naar de lokale uitbreiding. Omtrent de dieptelocalisatie is met behulp van de thermographie nauwelijks een voldoende informatie te verwachten. GORTENUTI et al. (1968) menen echter op grond van de warmtepenumbra wel uitspraak te kunnen doen omtrent de dieptelocalisatie. Bij oppervlakkig gelegen „warmtebronnen“ zou deze penumbra nagenoeg afwezig zijn of slechts zeer smal.

De ernst van de afwijking is voornamelijk te bepalen door de uitgestrektheid van het pathologische warmtebeeld.

Bovendien zal een pathologisch proces met een afgeleide stoornis in het warmtepatroon een veel uitgebreidere verstoring van het warmtebeeld geven

(b.v. circulatiestoornissen) dan de processen, die een direkte invloed hebben (ontstekingen, carcinomen).

Theoretisch is dus met behulp van de thermographie een antwoord te geven op de vragen a, b en d.

Aan de hand van de opgedane ervaring met het systematisch verrichten van thermographisch onderzoek over een breed terrein, zullen wij trachten een antwoord op deze vragen te geven.

Slechts weinig auteurs hebben een systematische opzet van het thermographisch onderzoek nagestreefd. Vele auteurs vermelden bij deze nieuwe onderzoeksmethode hun bevindingen bij een of enkele gevallen. Dikwijls worden deze gegevens onvoldoende of in het geheel niet geanalyseerd; dikwijls werd ook geen zekere diagnose gesteld.

Indien interessante incidentele waarnemingen door ons worden vermeld, geschiedt dit deels uit een streven naar volledigheid, maar deels ook op grond van de overweging, dat deze enkele waarneming perspectieven biedt voor nader, meer systematisch onderzoek.

## HOOFDSTUK II

### A: DE TECHNIEK VAN HET THERMOGRAPHISCH ONDERZOEK\*

Als de temperatuur van de omgeving in evenwicht is met de lichaamstemperatuur is geen contrast te verwachten in het thermogram. Het is daarom noodzakelijk het onderzoek te verrichten in een ruimte, die thermostatisch gekoeld kan worden. Hierdoor wordt een „harder” stralen van het object bereikt. Bovendien komt het verschil in reactie van verschillende gebieden op de afkoeling tot uiting. De temperatuur van de omgeving dient volgens sommigen (BARNES, 1963; GERSHON COHEN et al., 1964<sup>a</sup>, 1965<sup>b</sup>) 22° à 23° C te zijn, volgens anderen (WILLIAMS, 1960, 1961, 1963, 1964<sup>a,b,c</sup>)  $\pm 15^\circ$  C. Het verschil in deze temperatuuropgave is voornamelijk terug te voeren tot het verschil in type infrarooddetector, dat gebruikt wordt. Diegenen, die een langzaam type gebruiken (BARNES, 1963; GERSHON COHEN et al., o.a. 1964<sup>a</sup> en 1965<sup>b</sup>; GROS et al., o.a. 1966<sup>a,b,c</sup>, 1968; HEERMA VAN VOSS, 1967) geven 22° C op, verband houdend met het onregelmatig afnemen van de temperatuur bij afkoeling van de huid en het effect daarvan op het thermographisch onderzoek. De auteurs, die hun ervaring opgedaan hebben met de snellere apparatuur (WILLIAMS et al., 1961, 1963, 1964<sup>a,b</sup>, 1965; CADE, 1961, 1964, 1965<sup>a</sup>, 1968 en velen meer) spreken over 15° à 20° C. Dit verklaart ook de variatie in de opgave van de benodigde akklimatisatietijd. Deze wisselt van 20 min. bij de langzame apparatuur tot 5 à 15 min. bij de snelle. Voor een overzicht van de beschikbare apparatuur wordt naar de volgende paragraaf verwezen.

De koele omgeving werkt contrastversterkend. De vasokonstriktie, het onderdrukken van de verdamping en het beperken van de konductie naar de omgevende lucht als reactie op de koude omgeving beïnvloeden het thermogram bovendien nog gunstig. In hoofdstuk I is op deze factoren nader ingegaan in verband met de fysiologie van de huidtemperatuur.

Het optreden van vasokonstriktie in de huid voorkomt bovendien het maskereffect van de oppervlakkige bloedvaten.

Een afkoeling in een omgeving met een temperatuur lager dan 15° C is ongewenst wegens het optreden van rillingen en verhoging van de stofwisseling om de kerntemperatuur op peil te houden (CANNON en KEATINGE, 1960). Een omgevingstemperatuur boven 25° C dient vermeden te worden, omdat dan de

---

\* Als bijlage I is opgenomen een lijst met omschrijving van de gebruikte terminologie en werkdefinities.

zweetsekretie inzet. Bovendien treedt oppervlakkige vasodilatatie op, die tot drogbeelden aanleiding kan geven.

In een koele omgeving met een konstante temperatuur is het aandeel van de warmtestraling in de huidtemperatuur belangrijk. Immers de relatief warme huid kan in deze omgeving meer energie aan die omgeving afstaan dan eruit kan worden opgenomen.

De meeste auteurs benadrukken, dat de afkoeling langs natuurlijke weg zonder forcering tot stand moet komen. Alleen NOTTER en MELANDER (1966) en R. YOUNG (1964) adviseren de afkoeling te provoceren door applicatie van snelverdampende vloeistoffen als alcohol en aether, en het gebruik van een ventilator.

Tegen geforceerde afkoeling pleit dat men het onregelmatige afkoelen in de hand werkt. De onregelmatigheid in tijd in het akklimatisatieproces speelt al een ongewenste rol bij de langzame apparaturen en dient dus zeker niet te worden bevorderd. Daarom hebben wij een geforceerde afkoeling verworpen.

Daar veranderingen in de huidtemperatuur tijdens het thermographisch onderzoek bij een snel type detektor met een permanente beeld-projectie van ondergeschikte invloed zijn hebben wij aan dit type apparaat de voorkeur gegeven.

In het algemeen zijn wij op grond van onze ervaring met zowel de langzame als de snelle apparatuur tot de overtuiging gekomen, dat de langzame een akklimatisatietijd van minstens 20 min. vraagt bij een omgevingstemperatuur van  $22^{\circ}$  à  $23^{\circ}$  C, terwijl de snelle een aanpassingstijd van 10 min. voldoende doet zijn bij een achtergrondtemperatuur van  $\pm 18^{\circ}$  C.

De relatieve vochtigheid van de lucht speelt een rol bij de warmtegeleiding en ofschoon in de literatuur hierover geen aanwijzingen zijn te vinden, hebben wij op grond van theoretische overwegingen - meer warmtegeleiding c.q. betere isolatie van vochtige respectievelijk droge lucht - een vochtigheid van 45 - 50 % relatief, als het meest wenselijke beschouwd. Bovendien komt dit ook aan het comfort voor de patient tegemoet.

Als standaardmethode hebben wij de volgende procedure ontwikkeld:

De onderzoekruimte meet 3 x 5 meter, zodat de grootste afstand objekt-detektor in de diagonaal  $\pm 5$  meter bedraagt. Met behulp van een uitwendig verzilverde spiegel kan de meetafstand tot  $\pm 9$  meter verlengd worden. Deze ruimte is voorzien van een airconditioner, die zorgt voor een konstante temperatuur van  $18^{\circ}$  C  $\pm 1^{\circ}$  C bij een relatieve vochtigheid van 40-50 %.

Het onderzoek geschiedt in beginsel met de patient staande, tenzij de aard van het te onderzoeken lichaamsdeel (b.v. de onderste extremiteiten) of de toestand van de patient dit belet.



Een ruime ontbloting vindt plaats, zodat de kans op storende invloeden van kleding en huidplooien daardoor zo klein mogelijk is. Gedurende de akklimatisatietijd van minimaal 10 minuten wordt de apparatuur gericht en enkele merktekens voor orientatie aangebracht. Daar wij beschikken over een apparaat met direkt-beeld-projectie, is dit instellen tesamen met focuseren en regelen van de zwart/wit nuances een vrij eenvoudige procedure. Bovendien kan in deze tijd de voor de apparatuur noodzakelijke tijd voor stabilisatie opgevangen worden.

De afkoeling verloopt op deze wijze zó geleidelijk dat daarmee het optreden van rillingen wordt voorkomen. Dit zou het afkoelen juist tegen gaan door het verhogen van het metabolisme (MALI, 1950).

Bij de thermographische apparatuur zonder direkt-beeld-projectie kan de controle van het beeld en de instellingen alleen uitgevoerd worden na het tussenschakelen van hulpapparaten.

De eerste opnamen worden gemaakt, zodra het beeld geheel stabiel is. Dit wordt waargenomen vanaf het oscilloskoopscherm.

Soms blijkt het nodig de akklimatisatietijd te verlengen b.v. bij patienten, die uit sterk verwarmde ruimten komen.

Het is belangrijk, dat de omgevingstemperatuur gestabiliseerd is binnen zeer nauwe grenzen. Uit het onderzoek van REIN (1931) is gebleken, dat deze een duidelijke invloed uitoefent op de perifere circulatie.

Een kort overzicht van de gewenste inrichting van een kamer voor thermographisch onderzoek werd door GROS, GAUTHERIE en BOURJAT (1968) gegeven. Hierin wordt het belang van een gestabiliseerde omgevingstemperatuur te weinig nadrukkelijk vermeld. Het belang en de theoretische achtergrond van de afkoeling wordt door hen niet genoemd. Voor de temperatuursgevoeligheid kiezen wij gewoonlijk 10° C, hetgeen een goed contrastrijk beeld geeft\*. In bijzondere omstandigheden kan deze veranderd worden in 20° C respectievelijk 5° C. In het eerste geval is het aantal grijsnuances groter, maar de contraststeilheid kleiner, in het tweede geval het omgekeerde. De zwart-wit gevoeligheid van 10° C is een gebruikelijke. WALLACE (1968) gebruikt 6° C, terwijl GERSHON COHEN et al. (1965<sup>b</sup>) vaak 5° F voldoende vindt.

Het is algemeen gebruikelijk de warme gebieden wit weer te geven, waarbij witter ook warmer betekent. Een uitzondering op dit gebruik vormen FREUNDLICH et al. (1968) en J. WALLACE et al. (1965, 1967, 1968, 1969), die de omgekeerde polariteit gebruiken en diensgevolge de warme gebieden zwart afbeelden en de koudere wit. Als reden voor deze afwijking van de door ieder ander gebruikte weergave-methode geven deze auteurs op, dat „zwart” visueel beter

---

\*Het gekozen temperatuurstrajekt wordt aan de linkerzijde van het thermogram aangegeven.

*Tabell Tabellarisch overzicht thermographie apparatuur*

	barnes'. THERMOGRAPH (u.s.a.)	smith's PYROSCAN (u.k.)	aga THERMOVISION. model 661. (zweden.)
temperatuur meetbaar van ... tot ...	-15 % C tot + 110°C.	< 0°C en >100° C.	-30°C tot 200°C.
kleinst waarneembaar temp. verschil	0,08°C.	0,2°C.	0,2°C
zwart-wit schaal omvat ... °C. bij grootste gevoeligheid	1°C.	2°C.	1°C.
idem bij kleinste gevoeligheid	10°C.	10°C.	200°C.
type detector	thermistor- bolometer	In Sb. cel.	In Sb. cel.
koeling van detector vereist (met ....)	neen	ja. (vloeibare stikstof)	ja (vloeibare stikstof)
gewenste achtergrond temperatuur	22°C.	15° - 20°C.	18° -20°C.
tijd benodigd voor één beeld.	240"	30,60,90 of 180"	0,0625"
focus geschikt voor.	0,38 cm ∞	1 m.	2 - 6 m. of 4,4 ∞ (0,50 m. ∞ )*
diepte scherpte	0,10 m. op 2 m.	0,45 m. op 1 m.	
afgetaste veldgrootte op 2 m.	0,8 x 0,4 m.	0,9 x 0,9 m.	0,15 x 0,18 m. (0,40 x 0,40 m.)*
aantal tempe- ratuurpunten per veld.	30 - 60.000.	36.864	10.000.
isothermen- registratie ingebouwd	nee.	nee	ja.
grijsschaal voor temp. ver- gelijk los of ingebouwd.	los.	los.	ingebouwd.
snel verlopende processen op de voet te volgen.	nee	nee	ja.
effect van nakoeling zichtbaar.	ja.	nee	nee
detector en registrator vormen eenheid	ja	ja.	nee
opgenomen vermogen.	150 w. max	300.w.	200 w.

Tabel I Tabellarisch overzicht thermographie apparatuur

	c.s.f. I.R. 815.  (frankrijk.)	bofors I.R. CAMERA.  (zweden.)	philips L.E.P. CAMERA  (frankr./ned.)
temperatuur meetbaar van . . . tot . . .	+ 20°C tot 40°C. of - 50°C tot + 150°C.	- 20°C tot + 150°C.	+ 20°C tot + 40°C.
kleinst waarneembaar temp.verschil	0,1°C(GeHg) of 0,3°C(In Sb.)	0,1°C. tot 0,2°C.	0,05°C.
zwart-wit schaal omvat . . . °C. bij grootste gevoeligheid	20°C.	5°C.	20°C.
idem bij kleinste gevoeligheid	200°C.	150°C.	50°C.
type detector	In Sb.-cel. of Ge.Hg-cel. (naar keuze)	In Sb. cel.	Ge Hg-cel.
koeling van detector vereist (met . . .)	ja (vloeibare stikstof c.q. vloeib. helium.)	ja (vloeibare stikstof)	ja (vloeibaar helium)
gewenste achtergrond temperatuur	18° - 20°C. c.q. kamertemp.	18° - 20°C	kamertemp.
tijd benodigd voor een beeld.	4"	0,25"	0,50"
focus geschikt voor.	0,40 m ∞	1 m. ∞	0,25m
diepte scherpte	?	?	?
afgetaste veldgrootte op 2 m.	0,5 x 0,4 m.	0,4 x 0,9 m.	0,9 x 1 m.
aantal tempe- ratuurpunten per veld.	24.000.	31.250.	?
isothermen- registratie ingebouwd	ja	ja	ja
grijschaal voor temp. ver- gelijk los of ingebouwd.	ingebouwd	ingebouwd	los
snel verlopende processen op de voet te volgen.	ja	ja	ja
effect van nakoeling zicht baar.	nee	nee	nee
detector en registrator vormen eenheid	nee	nee	nee
opgenomen vermogen.	?	300 w.	?

en gemakkelijker waargenomen wordt dan wit. Hierdoor zouden kleine afwijkingen met verhoogde temperatuur eerder gezien worden.

De door ons gebruikte AGA-Thermovision biedt ook de mogelijkheid tot omkering der polariteit. Een overtuigend beter waarneembaar zijn van zwart boven wit hebben wij niet ervaren. Wel is ons gebleken, dat kleine koude of warme gebieden wat duidelijker afgebeeld worden, indien de omgeving belangrijk warmer respectievelijk kouder is.

Daar een veel in Amerika en Europa gebruikte apparatuur deze omkeringsmogelijkheid niet kent, kan de weergave in het omgekeerde beeld verwarring wekken. Ons inziens verdient deze dus geen aanbeveling.

Het gehele onderzoek duurt ongeveer 20 à 25 minuten, waarbij de helft van deze tijd als akklimatiesatietijd dient.

Meerdere patiënten kunnen tegelijkertijd akklimatiseren, hetgeen de snelheid van werken kan bevorderen.

Het thermographisch onderzoek bestaat uit zowel het bekijken en vastleggen van het overzichtsbeeld van het lichaamsgebied in kwestie als van isothermen daarin met behulp van de ingebouwde isothermfunktie.

Zodoende is het mogelijk ook buiten aanwezigheid van de patient de thermogrammen te analyseren, terwijl tevens een dokumentatie wordt verkregen. Na aanvankelijk daarvoor polaroidfilms te hebben gebruikt, zijn wij overgeschakeld naar vastleggen op zwart-wit dia-directfilm, omdat de kwaliteit daarvan beter is.

Door de nadere analyse uit te stellen is het gemak van de patient ten zeerste gediend. De eerste globale indruk is toch al verkregen vanaf het oscilloskoop-schermpje. De langzame apparatuur mist deze mogelijkheid.

## B: OVERZICHT VAN DE HUIDIGE GANGBARE APPARATUUR

Tabel I geeft een schematisch overzicht van de verschillende typen apparaten \*). De belangrijkste karakteristieken zijn hierbij naast elkaar gesteld. Met een korte bespreking kan dus worden volstaan.

### A. *Thermograph. (fig. 4)*

De infrarood-detector in dit apparaat is de thermistor-bolometer, een langzaam type detector. De fotografische weergave geschiedt op polaroid-film met behulp van de modulaties van een gloeibuisje onder invloed van het verkregen elektrische signaal, proportioneel aan de opgevangen infraroodstraling.

\*) Namen en adressen van de fabrikanten en hun Nederlandse vertegenwoordiger zijn vermeld in bijlage II.

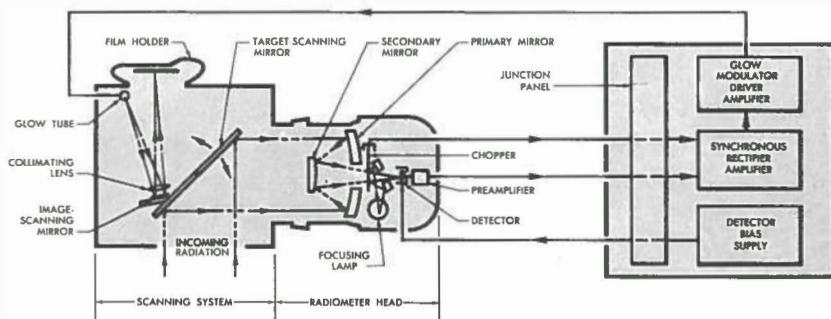


fig. 4: THERMOGRAPH: Technisch schema

Het oplossend vermogen, zowel geometrisch als thermisch is uitstekend. De veldgrootte is variabel door de afstand te veranderen; het totaal aantal informatiepunten is uitermate groot.

De temperatuursverschillen zijn niet direkt afleesbaar en moeten aan de hand van een thermogray-scale via absorptiecurven bepaald worden (BRUESCHKE et al, (1964, 1965). Deze procedure is nogal ingewikkeld voor routinegebruik.

De tijd, benodigd voor het onderzoek is vrij lang; het instellen niet eenvoudig. Aan de hand van metingen met een infrarood-thermometer moet het temperatuurstrajekt bepaald worden. Daarna dient de temperatuursgevoeligheid ingesteld te worden. Tussenschakeling van hulpapparatuur kan deze procedure vereenvoudigen. Verandering van de versterking tijdens het onderzoek komt voor (fig. 5).

Voor massa-onderzoek is deze apparatuur minder geschikt door tijdrovende procedures. Snelle veranderingen kunnen niet geobserveerd worden. De verplaatsbaarheid van het apparaat is aan beperkingen onderhevig.

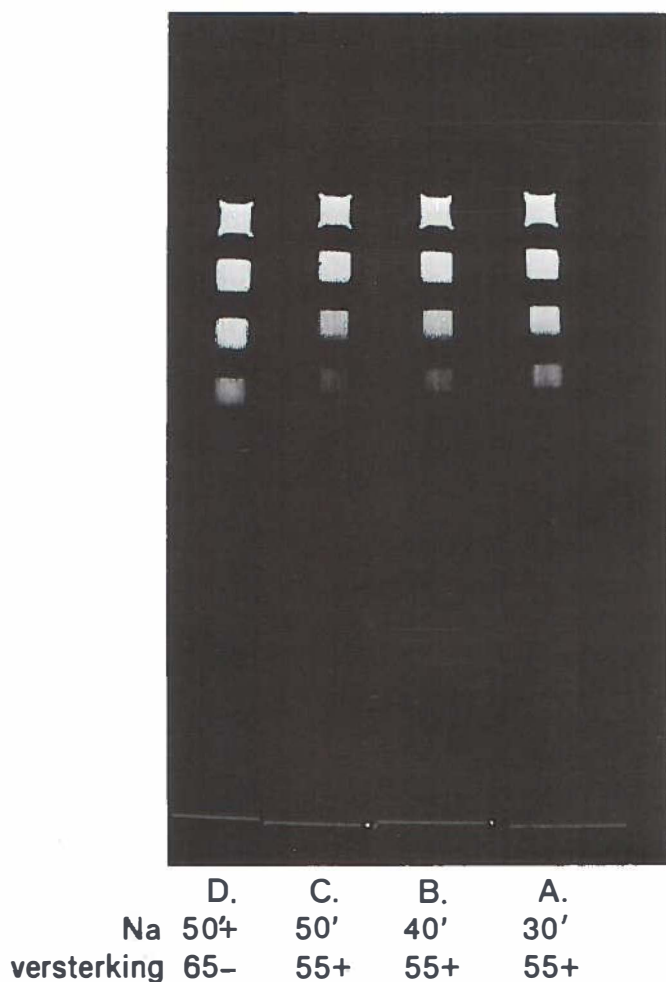
## B. Pyroscan. (fig. 6)

De detector is een met vloeibare stikstof gekoelde Indium-Antimonide Cel. Dank zij de snelle reactie zijn zeer korte scanningtijden, variabel van 30 tot 180 sek., mogelijk.

Het oplossend vermogen ligt lager dan bij de thermistor-bolometer. Het aantal informatiepunten is zeer groot bij een ruim voldoende veldgrootte.

De temperatuursverschillen moeten aan de hand van een externe „thermogray-scale” met behulp van absorptiecurven bepaald worden. Ook dit apparaat biedt dus geen mogelijkheid tot direkt aflezen van de temperatuursverschillen.

De registratie van het thermogram geschiedt langs elektrochemische weg lijn voor lijn op papier. De kwaliteit der beelden is slecht, ondanks de aanwezig-



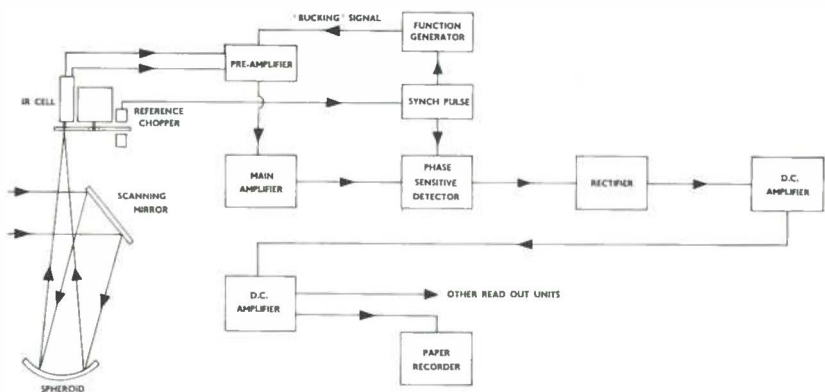
*fig.5: Verandering in versterking:*

*Van rechts naar links: tijdsverschil tussen A en B, resp. B en C telkens 10 min. De versterkingsfaktor werd hierbij niet gewijzigd (meterstand 55) D: aanpassing van de versterking (meterstand nu 65-)*

heid van 25 grijsnuances, overeenkomend met even zovele temperatuurvariaties. De normale afbeelding geeft warm als wit weer. Hier kan men de polariteit laten omkeren.

De temperatuursgevoeligheid is regelbaar.

De conceptie van het apparaat is goed, de technische uitvoering is log en weinig praktisch door het samenbouwen van detector en registrator. Focuse-



**BLOCK SCHEMATIC DIAGRAM OF MARK II PYROSCAN**

fig. 6: *Pyroscan: Technisch schema*

ring is niet mogelijk; de werkafstand is gefixeerd op 1 meter, waarbij een dieptescherpte van 45 cm verkregen wordt. Het Dewarvat voor de vloeibare stikstof is te klein, zodat slechts korte werktijden met één vulling mogelijk zijn.

Snel verlopende processen zijn niet of nauwelijks te volgen.

### C. Thermovision. (fig. 7)

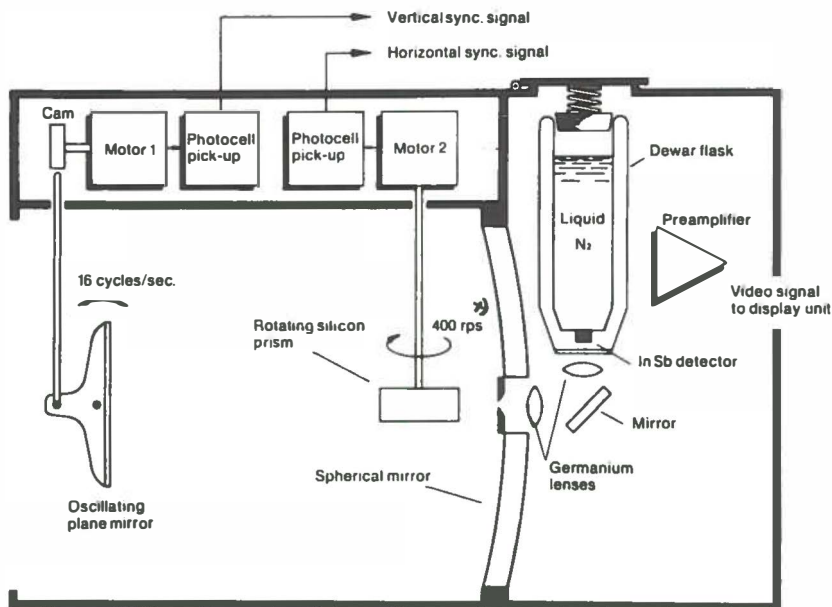


fig. 7: *THERMOVISION: Technisch schema*

x) model 665: 200 rps

De detector is van het selectieve type met gebruikmaking van Indium-Antimonide en moet dus gekoeld worden.

Doordat een aftasting van het veld slechts 1/16 sek. vraagt is er een „permanent-beeld-projectie” met een aantal van 16 beelden per seconde.

De eerste modellen veroorzaakten nogal veel lawaai, hetgeen bij de nieuwere typen is opgeheven door het toerental van het scannend prisma te halveren.

Het thermisch oplossend vermogen ligt in dezelfde orde van grootte als bij de Pyroscan, maar de geometrische is minder. Het totaal aantal informatiepunten bedraagt slechts 10.000 bij een matige veldgrootte. In de praktijk blijkt dit geen onaanvaardbare verslechtering van de kwaliteit te geven. Een sinds kort bestaand nieuwer type heeft de mogelijkheid van een groter veld op kortere afstand met behoud van het aantal informatiepunten, hetgeen „close-up”-opnamen mogelijk maakt.

Er is een ingebouwde glijdende thermogray-scale, evenals een isothermfunktie. Snel verlopende processen zijn te volgen en vast te leggen.

De kwaliteiten van het thermogram zijn van te voren te regelen; de registratie geschiedt door het fotograferen van het oscilloskoop-beeldje.

Omkering van de polariteit is mogelijk; de temperatuursgevoeligheid is op eenvoudige wijze regelbaar.

De detector en de registrator zijn gescheiden, hetgeen de mobiliteit bevordert. Focusering is zeer eenvoudig en op afstand te verrichten. Met één vulling vloeibare stikstof is een werktijd van 4 uur mogelijk.

#### *D. IR.815 C.S.F. (fig. 8)*

De detector is van het snelle type en naar keuze de Indium-Antimonide-cel of de in kwik gedoopte Germanium-cel.

De minimum temperatuursdiscriminatie bedraagt respectievelijk 0.3° C en 0.1° C. De noodzaak van een werktemperatuur van  $\pm 40^\circ$  K voor de Germanium-cel met behulp van vloeibaar Helium is een komplicerende faktor: Helium is kostbaar en moeilijk te verkrijgen. Een volledige vulling met koelvloeistof geeft een werktijd van twee uur.

Het geometrisch oplossend vermogen is goed en ligt in dezelfde orde van grootte als van de Pyroscan. De veldgrootte is redelijk.

De ingebouwde „thermogray-scale” en „isothermfunktie” maken beoordeling van temperatuur en van de verschillen in temperatuur zeer eenvoudig. Een directe afleesbaarheid is mogelijk.

Het aantal beelden van 4 per seconde, dank zij het nalichten van een kathodestraalbuis als schijnbaar permanente beeldpresentatie geprojecteerd, maakt een voortdurende beoordeling mogelijk. Het apparaat heeft een goede



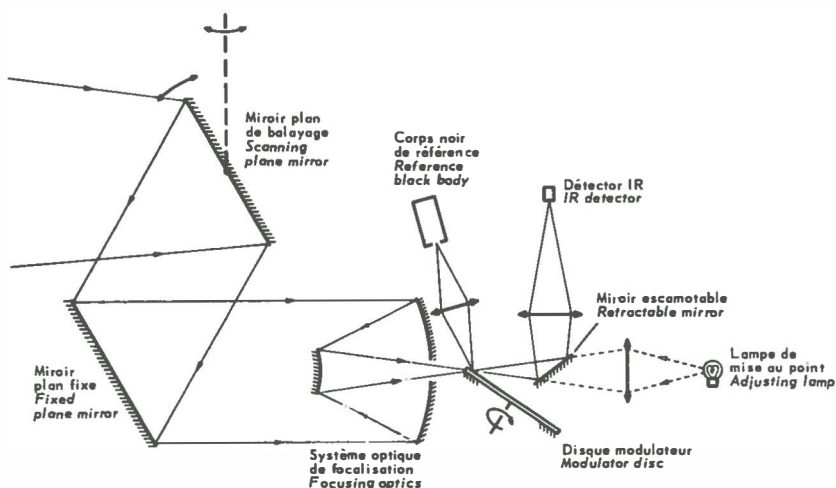


fig. 8: IR 815: Technisch schema

focuseringsmogelijkheid met een redelijke veldgrootte op geringe afstand.

Dokumentatie geschiedt door fotografisch vastleggen van het oscilloskoop-beeldje. Ook snelle temperatuurswisselingen zijn te volgen en vast te leggen.

De mobiliteit van het apparaat is uitstekend.

#### E. I.R. Camera Bofors (fig. 9)

Eveneens een thermographie-apparaat van het snelle type met permanent-beeldprojectie van 4 beeldjes per seconde.

De infrarood-gevoelige cel is de met vloeibare stikstof gekoelde Indium-An-timonide-cel. Het aantal temperatuurpunten in het grote veld is zeer groot en komt ongeveer overeen met de Pyroscan. Bovendien kan een gedeelte van het onderzochte veld vergroot afgebeeld worden. Het geometrisch oplos-send vermogen is dus zeer goed, evenals het thermische van  $0.1^{\circ}$ - $0.2^{\circ}$  C bij  $30^{\circ}$  C.

Er is een ingebouwde temperatuursgrijschaal en isothermfunktie. Een om-kering van de polariteit is mogelijk.

Het vastleggen van het warmtebeeld geschiedt eveneens op fotografische manier vanaf het oscilloskoopbeeldje.

Het toestel is zeer handig in gebruik en gemakkelijk verplaatsbaar. Een werkduur van 4 uur met één vulling vloeibare stikstof is ruim voldoende.

Bij enkele van de hierboven vermelde apparaten, met name bij de Thermovi-sion en de Bofors I.R. Camera is op een eenvoudige wijze een kleurelement in-gevoerd, hetgeen in vergelijking met de grijsnuances wel een grotere over-

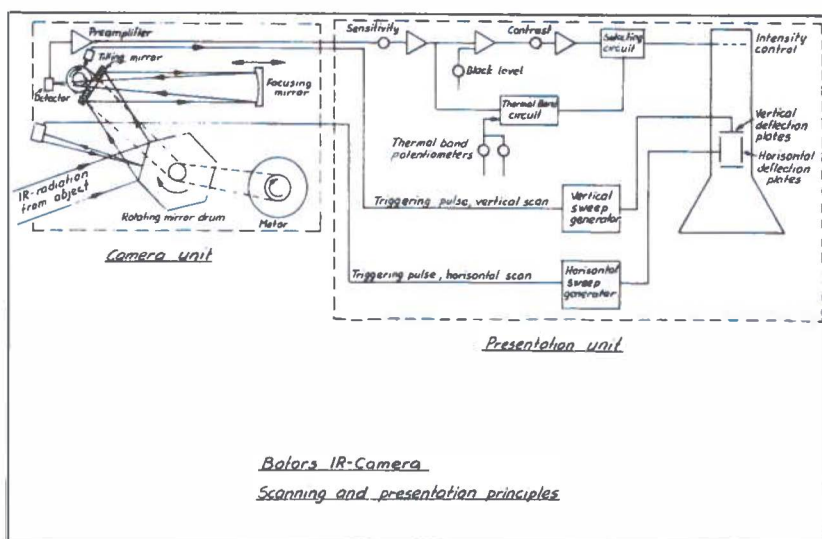


fig. 9: *BOFORS J.R. CAMERA: Technisch schema*

zichtelijkheid lijkt te bieden. De verschillende infrarood-intensiteiten worden evenwel niet in een kleursignaal „vertaald”. Een ingebouwde isothermfunctie is bij de hierbedoelde „kleurenthermographie” noodzakelijk, daar elke isotherm met behulp van een kleurenfilter wordt vastgelegd. (fig. 10). Ook het zwart-wit beeld van de Thermograph kan in kleuren “vertaald” worden.

Voor de ontwikkeling van de directe „signaalvertaling in kleuren” wordt naar hoofdstuk VIII verwezen.

#### *F. L.E.P. Camera*

Dit is een zuiver experimenteel toestel, dat werkt met de in kwik gedoopte Germanium-cel, een detector van het snelle type dus, met de daarbij behorende koelingsmoeilijkheden. Doordat de gevoeligheid van de detector zich tot 13 mikron uitstrekt wordt ook de maximum intensiteit der straling van de menselijke huid (9.7 mikron) omvat.

Er is een directe beeldprojectie van een groot veld met een geometrisch en thermisch oplossend vermogen, dat in de buurt komt van de Thermograph. Een isothermfunctie is ingebouwd, geen omkeringsmogelijkheid van de polariteit.

De technische uitwerking is nog niet berekend op klinische toepassing.

Dit overzicht pretendeert niet volledig te zijn, daar ook een voortdurende verdere ontwikkeling dit onmogelijk maakt.

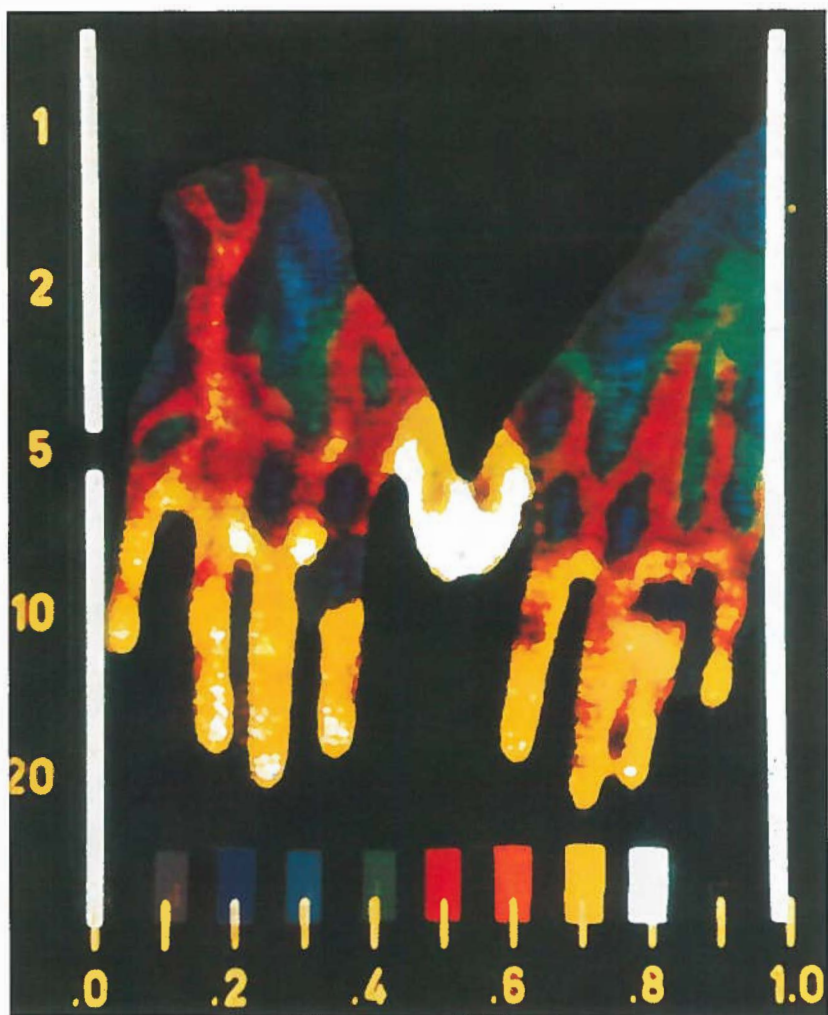


fig. 10: Voorbeeld van een „kleurenthermogram“. De procedure bestaat uit het vastleggen van 8 isothermische gebieden met behulp van 8 kleurenfilters

De keuze van het „juiste” apparaat hangt af van het beoogde gebruik. Voor het beoordelen van snel verlopende processen in een snelle detector met permanent-beeldprojectie nodig, maar voor informatie over beperkte gebieden zal de thermistor-bolometer vaak beter voldoen.

De verkregen informatie dient steeds vergeleken te worden met op andere wijze verkregen gegevens.

De oudste thermographische apparatuur, de Evaporograph, is buiten beschouwing gelaten - ofschoon deze nog steeds verkrijgbaar is - wegens de geringe toepassingsmogelijkheden voor medische doeleinden.

Daarnaast bestaan nog enkele thermographietoestellen, die voor zover ons bekend alleen verkrijgbaar zijn in N. Amerika. Ook daar zijn zij nauwelijks in gebruik, zoals op grond van de literatuur aangenomen mag worden. GERSHON-COHEN et al.(1965<sup>a</sup>) geven een opgave van deze apparatuur.

## HOOFDSTUK III

### HET THERMOGRAPHISCH ONDERZOEK VAN DE MAMMA.

#### *Par. 1: Het normale mammathermogram.*

Het warmtepatroon van de normale borstklier toont vele variaties en derhalve is het misschien juist te spreken over „het niet-pathologische thermogram van de mamma” dan over een normaal thermogram.

In Groot-Brittanië hebben HARRIS et al. (1966), SHAW (1969), JONES (1969) en WILLIAMS et al. (geciteerd door CADE, 1968) serie-onderzoek verricht bij enige honderden normale vrouwen, evenals in de U.S.A. GERSHON-COHEN et al. (1964) en WALLACE (1968).

Voor de engelse auteurs komen tot de konklusie, dat bij de mamma een thermische asymmetrie geen pathologische betekenis behoeft te hebben en dat een verschil van 4°C nog normaal kan zijn (HARRIS et al. 1966; SHAW, 1969). Het vinden van een zo groot temperatuursverschil is echter voor deze auteurs, die een grote serie kunnen vermelden, geen aanleiding geweest de thermographische bevindingen te controleren met mammographie of eventueel biopsie. Een controle of er werkelijk geen pathologische toestand bestond ontbreekt dus. Zo'n controle is bij een dergelijk temperatuursverschil toch wel vereist.

In deze studies wordt vooral de nadruk gelegd op de invloed van de grootte van de borst, de vascularisatie, de fase van de menstruele cyclus, graviditeit of gebruik van anticonceptiva. Een statistisch significante invloed van een veranderde hormoonspiegel in het bloed (graviditeit of orale anticonceptiva) op het warmtepatroon van de mamma wordt echter door HARRIS, GREENING en AICHROTH (1966) ontkend. R. L. HOFFMAN (1967) vond een duidelijke invloed van de laktatie. Hij acht dit bij de verhoogde weefselaktiviteit en de toegenomen doorbloeding te verwachten. Ook GERSHON-COHEN et al. (1964<sup>a,b,c,f</sup>, 1965<sup>a,b,d</sup>, 1967<sup>a,c</sup>) vinden uitgesproken veranderingen in het warmtepatroon van de mamma onder invloed van de hormoonspiegel. Gros (1967<sup>d</sup>, 1969) maakt hier slechts terloops melding van. HOFFMAN (1967) vermeldt eveneens een duidelijk dagrythme in het warmtepatroon, ook bij normale gevallen. JONES (1969) komt op grond van zijn serie-onderzoek bij normale vrouwen tot een type-indeling van het warmtepatroon (fig. 11).

Hij onderscheidt de volgende groepen

Groep I: relatief koude borsten, omgeven door warmere gebieden en relatief warme oksels. De warmteverdeling over het oppervlak van de mamma is in het algemeen uniform en er zijn geen andere gebieden met thermische activiteit. Dit type komt vooral voor bij vrouwen in de post-menopauze.

Groep II: Het patroon is sterk gelijkend op dat uit groep I, maar bovendien is er een duidelijk veneus warmtepatroon dat óf transversaal stervormig uitwaaiërend vanuit de mediaanlijn (type II a) óf meer vertikaal vanaf het sternum verloopt (type II b). Het veneuze karakter van de vaattekening kon bepaald worden aan de hand van infraroodfotografie. Dit patroon wordt gezien in een brede spreiding tussen 25 en 50 jaar.

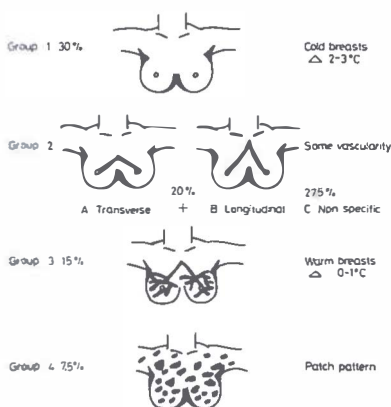


fig. 11: Type-indeling normale mammawarmtepatronen (Jones, 1969). Met toestemming van de auteur overgenomen.

Groep III: Het warmtepatroon, gebaseerd op actief mamma-weefsel, is diffuus verspreid over beide borsten en het venenpatroon van de subcutane venen is duidelijk te volgen.

Dit thermographie-type komt overwegend bij vrouwen tussen 35 en 45 jaar voor.

Groep IV: Diffuus verspreide warme en koude gebieden, elkaar afwisselend, vaak tengevolge van venentekening, maar soms ook ten gevolge van hormonale veranderingen. Dit warmtepatroon komt niet uitgesproken voor in een bepaalde leeftijdsperiode.

Opvallend is, dat het normale warmtepatroon van de mamma bij vrouwen onder de 25 jaar niet in dit materiaal voorkomt. Jones (persoonlijke mededeling, 1969) geeft hiervoor aan, dat met opzet nagenoeg uitsluitend de leeftijdsgroepen, bij welke statistisch gezien de meeste kans op borstkanker bestaat, in het

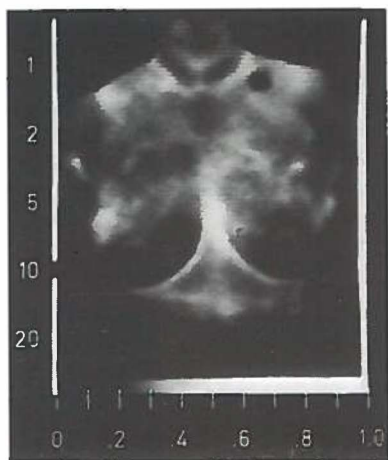


fig. 12: THERMOGRAM normale mammae. Warmpatroon-type I (Jones, 1969) (Rö 10.62.95).

Op alle thermogrammen wordt de linkerzijde gemerkt met een aluminium rondje, dat zwart wordt afgebeeld.

Andere orientatiepunten worden op dezelfde manier gemerkt (b.v. manilla).

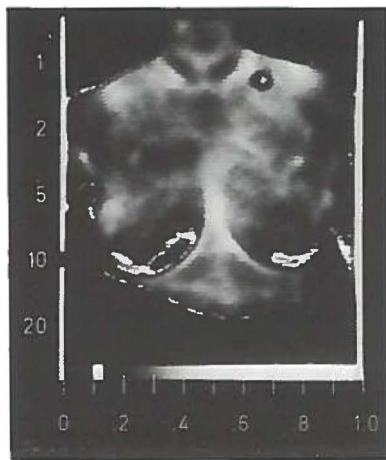


fig. 13: zelfde patiënte als fig. 12. Isothermen 1

onderzoek werden betrokken. Jones (persoonlijke mededeling) vindt dat de meeste carcinomen voorkomen bij vrouwen boven de 40 jaar, terwijl er geen bovenste leeftijdsgrens is. Onder de 40 jaar wordt ongeveer 15 à 18 % van de carcinomen aangetroffen. Deze getallen komen goed overeen met die van GILBERTSEN (1966). In Nederland (Meinsma, persoonlijke mededeling), wordt slechts  $\pm 4\%$  van het mammacarcinoom beneden de leeftijd van 40 jaar gevonden. Bij uitzondering komt dus ook mammacarcinoom voor bij jeugdige vrouwen. Een nader onderzoek naar het normale warmtepatroon in de leeftijdsgroep onder 25 jaar is nog niet verricht. Hiertoe zou wel aanleiding bestaan. Te overwegen is dan ook de leeftijden, waarin de borst tot ontwikkeling komt, hierin te betrekken.

Ondanks dit fraaie resultaat van een nauwgezette analyse van de verkregen thermographische beelden, bleek bijna 1/3 (27,5 %) niet in bovenstaande groepen te klasseren, ofschoon het patroon sterk veneus van oorsprong was. Al ontbraken voldoende gemeenschappelijke trekken in het warmtepatroon, toch werd door Jones hiervoor een groeptypering II C ingevoerd.

Uit zijn studies meende de auteur bovendien de volgende konklusies te mogen trekken:

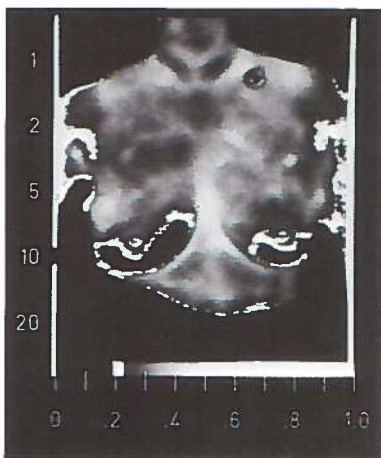
1. de mammae uit groep I zijn over het algemeen  $2^{\circ}\text{C}$  kouder dan die uit groep III.

2. vrouwen boven 50 jaar hebben het groep I patroon met een temperatuurstrajekt van  $2-3^{\circ}\text{C}$ .

3. het warmtepatroon type groep III komt gewoonlijk niet boven de 45 jaar voor.

4. de gemiddelde gemeten borsttemperatuur boven de mamilla is gewoonlijk niet hoger dan de temperatuur van de huid infraclaviculair.

5. de temperatuur boven prominere venen in het warmtepatroon type groep II ligt gewoonlijk  $1^{\circ}-1,5^{\circ}\text{C}$  boven het niveau van de omringende huid.



*fig. 14: isotherm 2 bij dezelfde patiente*

De grote invloed van het oppervlakkige vaatnet op het thermographisch patroon brengt echter moeilijkheden mee bij de identifikatie van een mogelijk pathologisch patroon. Er zijn immers vele normale toestanden, die gepaard gaan met vermeerderde circulatie in dit veneuze vaatnet b.v. tijdens de graviditeit of de laktatie of na chirurgische ingrepen. Onder invloed van de graviditeit kan het thermographisch patroon zelfs geheel van groep veranderen (JONES, 1969).

Met name bij het onderzoek van de mammae, vooral ook gezien de verhouding tussen stralend oppervlak en volumen, moet voor asymmetrische beelden gewaakt worden, waardoor schijnbare temperatuursverschillen ontstaan op grond van de kwadratenwet. Het verdient geen betoog, dat altijd het thermographisch onderzoek tegelijkertijd de beide mammae moet omvatten. Immers de symmetrische gebieden dienen in eerste aanleg met elkaar vergeleken te worden. Geringe vaskularisatieverschillen komen hierdoor ook wat gemakkelijker tot uiting.

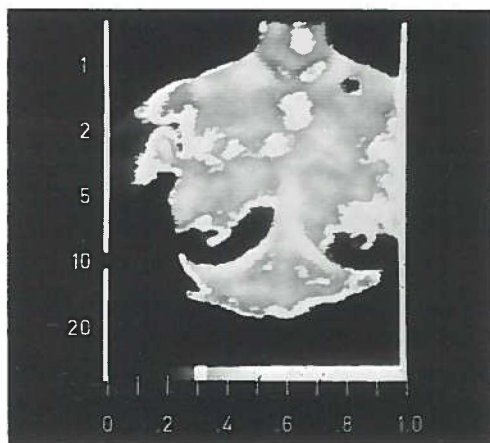


In de meeste gevallen wordt bij normale mammae geen groter temperatuurverschil tussen symmetrische gebieden gezien dan  $0,5^{\circ}\text{C}$ . Dit verschil is onafhankelijk van de temperatuur der beide borsten. Alleen R. HOFFMAN (1967) geeft aan, dat de linker mamma een wat hogere temperatuur kan hebben dan de rechter zonder enige pathologische betekenis. Deze waarneming wordt door geen andere auteur bevestigd.

De interpretatie van de thermographische beelden is pas dan mogelijk, als een thermisch evenwicht is bereikt.

De invloed van cross-radiation bij grote mammae, vooral sub-mammair, dient als zodanig geïnterpreteerd te kunnen worden. Het verdient natuurlijk aanbeveling de submammaire plooien zo veel mogelijk te elimineren door een juiste positie van de patiente. Hiertoe dient het heffen der armen gerekend te worden, eventueel het verrichten van het onderzoek met patiente liggende.

Het „normale” thermographische beeld laat het vaatpatroon als regel beter zichtbaar zijn in het mediale dan in het laterale bovenste kwadrant. Dit laatste is vaak iets warmer dan het eerste. De beide onderste kwadranten zijn als regel koud.



*fig. 15: isotherm 3 bij dezelfde patiente*

De afbeeldingen 12 tot en met 24 geven een overzicht van normale beelden. Afbeelding 25 toont een thermogram van een gynaecomastie rechts.

Het thermographische onderzoek van de mammae dient te bestaan uit één



fig. 16: isotherm 4 bij dezelfde patiente  
Het temperatuursverschil tussen de gebieden, geaxeunteerd bij isotherm 1, resp. 2, 3 en 4, bedraagt steeds  $1^{\circ}\text{C}$ . Het verschil tussen de gebieden met isotherm 1 en isotherm 4 bedraagt dus  $3^{\circ}\text{C}$ .

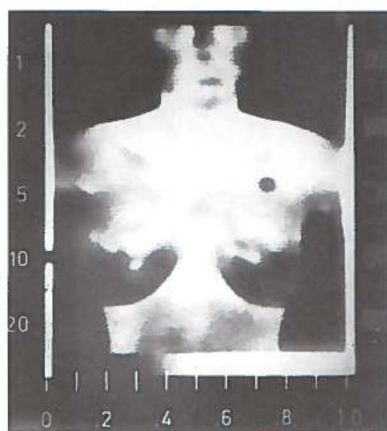


fig. 17: Normaal Warmtepatroon-type IIA (Jones, 1969)

in voor-achterwaartse en één in beide 3/4 houdingen van de patiente ten opzichte van de detector.

Een infraroodfoto kan een belangrijke ondersteuning zijn van het thermographische onderzoek. De subcutane venen kunnen hierdoor beter gelokaliseerd worden. Hierop werd reeds eerder gewezen (HARRIS et al., 1966; MELANDER EN NOTTER, 1967; JONES, 1969, WALLACE, 1969, AARTS, 1969).

#### Par. 2: Het thermogram bij ontstekingen van de borstklier

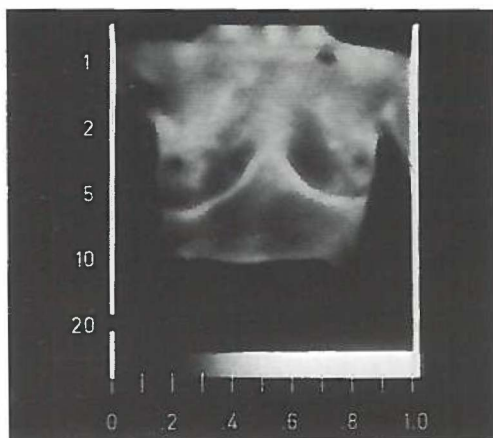
Ofschoon bij met name de akute ontstekingen van de borstklier afwijkingen in het warmtepatroon zullen voorkomen, is het pathologische warmtebeeld op zich niet kenmerkend. In hoeverre een als „chronische ontsteking” aangeduide afwijking als mastopathie en mastitis cystica afwijkingen in het warmtepatroon zal geven is in de literatuur niet na te gaan. Er worden voornamelijk incidentele waarnemingen, waarbij een gestoord warmtebeeld werd gevonden, vermeld. Hoe vaak het thermogram als ongestoord werd geïnterpreteerd bij deze afwijking is niet bekend.

Onze eigen ervaring is zeer gering. De diagnose akute mastitis wordt klinisch gesteld en vraagt niet om een thermographische bevestiging. Indien men al een thermographisch onderzoek zou verrichten, dan zal een verhoogde temperatuur in een groot gebied gevonden worden. Meestal zal de gehele mamma warm zijn en zal er een toegenomen vaattekening bestaan.

Voor deze afwijking lijkt ons de thermographie overbodig.

Bij chronische afwijkingen, waarvan wij een 20-tal gevallen konden bestuderen, bleek slechts een gering aantal een gestoord warmtepatroon te hebben. Dit aantal is te klein om verder te bespreken. Een duidelijk warme linkerborst bleek bij een van deze patienten veroorzaakt door een absces in de mamma, die tevens een beeld van een fibro-cysteuze mastitis toonde (fig. 26). Het overgrote deel der als „normaal” geduide warmtepatronen deed denken aan het type IV van Jones (fig. 27).

Een tuberkuleuze mastitis kan een verhoogde temperatuur geven, maar de aetiologie zal thermographisch niet duidelijk worden. Overigens is deze afwij-



*fig. 18: Normaal Warmtepatroon-type IIB (Jones, 1969) (Rö 16.04.97.)*

king vrij zeldzaam. De zeer zeldzame ontstekingen als aktinomykose en lues zullen evenmin op grond van het thermographische beeld vermoed worden.

Bij een differentiaal diagnose tussen carcinoom of chronische ontsteking biedt de thermographie weinig meer. Het vinden van een verhoogde temperatuur zal hier eerder aan een maligne proces dan aan een chronische ontsteking doen denken.

Indien echter geen activiteit gevonden wordt, is de kans op een maligne proces gering. (zie par. 3)

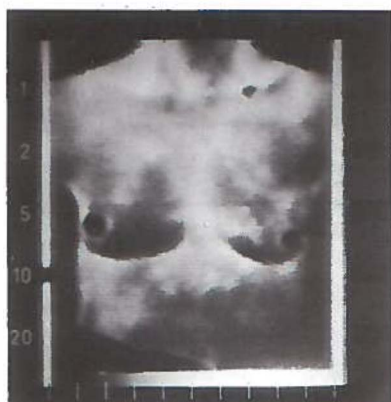


fig. 19: *THERMOGRAM normale mammae tijdens ovulatie, warmtepatroon-type III (Jones, 1969)(Rö 18.50.01.)*

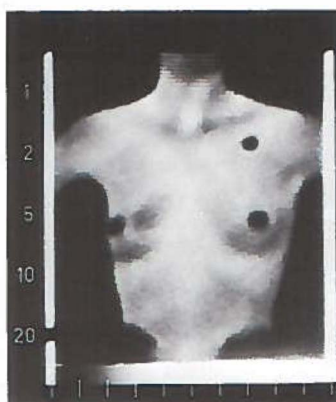


fig. 20: *Normaal Warmtepatroon type IV.(Jones, 1969)(Rö. 16.00.29)*

*Par. 3: Het thermogram bij het mamma carcinoom.*

In de literatuur wordt het carcinoom de belangrijkste indicatie voor het thermographisch onderzoek van de mamma geacht. Speciaal het vroegtijdige opsporen vóór de tumor een klinisch stadium heeft bereikt wordt als doel gezien.

Het tot nu toe gevolgde, maar nog niet algemeen verspreide onderzoek-schema maakt gebruik van regelmatig röntgenonderzoek. Al naar gelang de schrijver varieert de frekwentie van dit onderzoek van één- tot tweemaal per jaar (GILBERTSEN, 1966; GERSHON-COHEN, 1964<sup>c,d</sup>, 1967<sup>b,c</sup>).

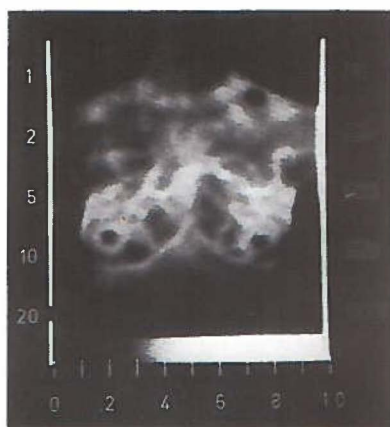


fig. 21: *Mammathermogram tijdens laktatie.(Rö 15.70.95.)*

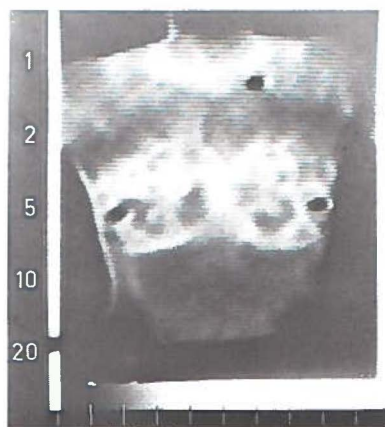


fig. 22: *warmtepatroon tijdens graviditeit (Rö. 16.84.02).*

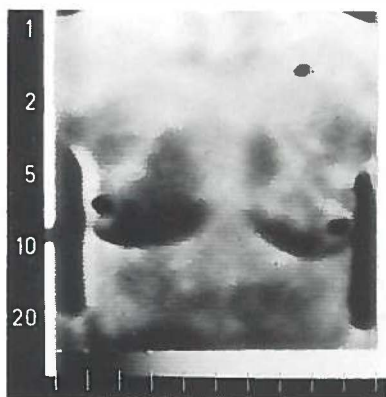


fig. 23: Thermogram van dezelfde patiënte als van fig. 19, maar nu tijdens menstruatie: geen essentieel verschil

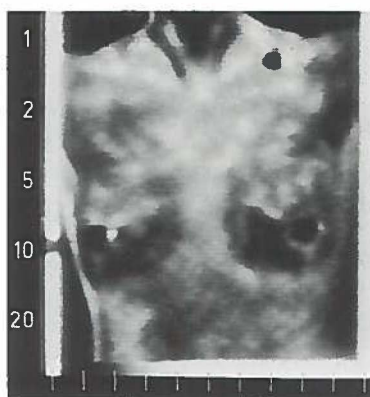


fig. 24: Mammathermogram in de menopauze. Warmtepatroon-type IV, (Jones, 1969)

Een van de uitvoerige onderzoekschemata heeft nu een looptijd van 10 jaar (GERSHON-COHEN, 1964<sup>d</sup>, 1967<sup>c</sup>; GERSHON-COHEN et al., 1964<sup>c</sup>, 1967<sup>b</sup>;) en omvat ruim 1100 vrouwen. GILBERTSEN (1966) rapporteert over 18 jaar met ruim 6700 vrouwen boven 45 jaar.

In GILBERTSEN's serie werden 47 bevestigde borstkankers gevonden met in 19% lymphklier metastasen. Geen tumor werd bij „zelf-onderzoek” gevonden.

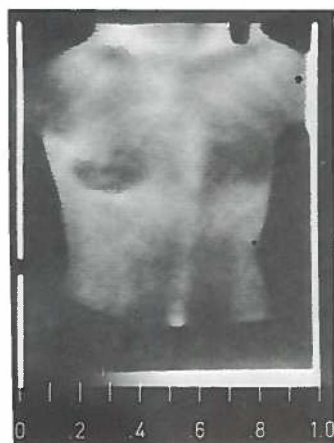


fig. 25: gynaecomastie rechts, imponerend als normale mamma (Rö 17.66.31.)



fig. 26: Acute ontsteking linker mamma (3/4-opname)(Rö 19.35.69.)

De 5-jaarsoverleving was 91 %, de 10-jaarsoverleving 76 %. Hierbij moet natuurlijk wel onderscheiden worden in carcinomen met en zonder lymphklier-metastasen. De 5-jaarsoverlevings percentages bedroegen hiervoor respectievelijk 75% en 96 % ; de 10-jaarsoverlevings percentages 40 % en 88 %.

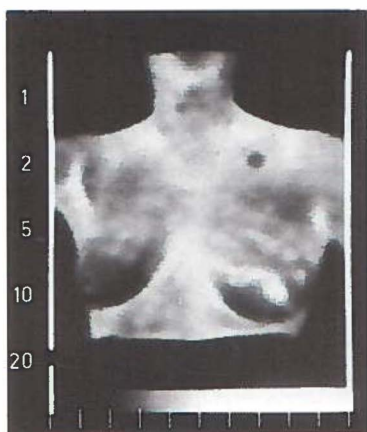


fig. 27: Warmtepatroontype IV linker mamma (rechts type I) bij vrouw van 56 jaar. (Rö 19.43.49.)  
P.A.: chron. ontsteking met fibrosis en kysteuze melkgang-verwijdingen.



fig. 28: Grote „hot spot” in bovenste mediale kwadrant links bij 60-jarige met „knobbel” in linker mamma (Rö. 20.26.00.)

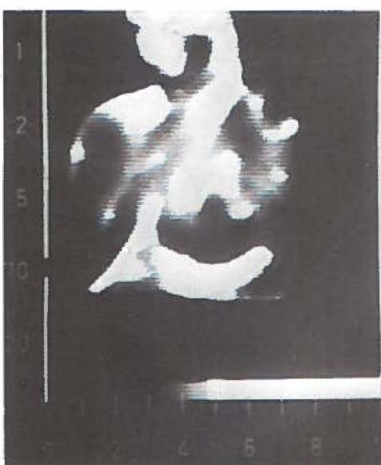


fig. 29: 73-jarige vrouw: „Hot spot” in bovenste buitenste kwadrant links en in linker oksel. P.A.: ca.solidum met oksel-metastasen. (Rö. 19.53.90.)



fig. 30: 55-jarige met zes maanden „knobbeltje” in linker borst „Hot spot” in bovenste helft linker borst. Röntgenologisch eerst later bevestigd. (Rö. 1.65.36.)

*Enkele voorbeelden van een gestoord warmtepatroon.*



GERSHON-COHEN vermeldt, dat normaliter 95 % van de borstkankergevallen ontdekt worden door zelf-onderzoek. Op het moment, dat de patienten met de door haar zelf ontdekte tumor de polikliniek bezoeken ter behandeling, blijkt de gemiddelde doorsnee 35 mm te zijn met in 65 % der gevallen okselmetastasen. De 5-jaarsoverleving bedraagt gewoonlijk slechts 45 %.

HAAGENSEN (1956) vermeldt, dat de diagnose bij klinisch onderzoek gewoonlijk eerst gesteld wordt als de tumor reeds enkele centimeters in doorsnee meet. Een analyse van zijn materiaal toont 'n gemiddelde diameter van 48 mm bij de 625 carcinomata tussen 1935 en 1942. Voor de periode 1915-1934 werd bij 790 tumoren een gemiddelde doorsnee van 54 mm gevonden. Als regel waren de metingen, in het praeparaat door de patholoog-anatoom verricht, 13 mm resp. 14 mm kleiner dan de klinische metingen. GERSHON-COHEN (1967<sup>c</sup>) vermeldt een niet waarneembaar zijn van de tumor bij klinisch onderzoek, indien de grootte 10 mm of minder in doorsnee bedraagt. HAAGENSEN spreekt de verwachting uit, dat het mogelijk moet zijn, „as the education of women in the detection of tumors of the breast improves”, carcinomen met een diameter van 4 à 5 mm te ontdekken.

In de groep van GERSHON-COHEN en zijn medewerkers werd het onderzoek halfjaarlijks verricht. Er werden 36 carcinomen ontdekt na 1, 2 resp. 6 jaar. Bij 3 vrouwen werd een dubbelzijdige aandoening gevonden. Alle carcinoompatienten waren ouder dan 35 jaar. De gemiddelde tumordiameter was 11 mm met slechts bij 30 % okselkliermetastasen. Het 5-jaarsoverlevingspercentage was 80!

Belangrijk was vooral ook, dat er nauwelijks tijdsverlies was tussen het ontdekken van de tumor en de chirurgische hulp in de periodiek gecontroleerde groep in tegenstelling tot de gewoonlijke gang van zaken.

Toch zijn noch GERSHON-COHEN noch GILBERTSEN tevreden met hun resultaten, evenmin als R. HOFFMAN (1967) dit is over de verbetering van de diagnostiek en de prognose met behulp van het mammografisch onderzoek alléén.

Het enig zekere antwoord omtrent het al of niet aanwezig zijn van een maligniteit kan slechts door histologisch onderzoek verkregen worden. Zowel het klinische als het röntgenologische onderzoek als een combinatie van beide geeft een percentage foutief negatieve uitkomsten. SANDERS (1966) bericht een juiste diagnose, met behulp van mammografie alléén, in 80 %, terwijl SWEARINGEN (1965) bij een combinatie van mammografie en thermographie een percentage van juist gediagnostiseerde carcinomen van 95 vermeldt.

Het is begrijpelijk, dat bij het verlangen de diagnose eerder te kunnen stellen de thermographie de aandacht trok.

LAWSON (1956) bericht over de allereerste thermographische ervaringen, die juist bij het mammacarcinoom werden verkregen.

Door de infraroodfotografie was reeds bekend, dat bij maligne tumoren het normale veneuze patroon boven de plaats van de tumor is onderbroken en er vaak een sterke veneuze verwijding aanwezig is (MASSOPUST en GARDNER, 1953; RONCHESE, 1937). Deze infraroodfotografie heeft geen direkt verband met de huidtemperatuur.

Maar het blijft nog onvoldoende verklaard, waarom de ene tumor zich thermographisch beter manifesteert dan de andere, tenzij hier óf een lager metabool niveau in het spel is zoals b.v. bij langzaam groeiende carcinomen óf een belangrijke toename van een (pathologisch) vaatnet ontbreekt. Centraal vindt in een tumor verval plaats, waarbij de katabole fase overheerst. Uit onderzoekingen in de bakteriologie is gebleken, dat bij de katabole fase zeer veel warmte vrijkomt door hydrolyse van de zeer energierijke fosfaatverbindingen (LIPMANN, 1946). Dit kan misschien verklaren, waarom ook bij grote relatief slecht gevaskulariseerde carcinomen een verhoogde temperatuur wordt waargenomen. Bovendien verlopen de processen centraal voornamelijk anaërobe, hetgeen een grote warmteproductie meebrengt.

In geen van deze verklaringsmogelijkheden past echter het door WILLIAMS (1968, persoonlijke mededeling) zo gevreesde snelgroeiende kleine carcinoom, dat thermographisch vaak „stil” blijft.

Voor al bij het thermographisch onderzoek van de mammae is de temperatuursgradient tussen tumor en huidoppervlak van zeer groot belang. Hoe kleiner deze is, hoe minder „warm” de huid boven de afwijking zal lijken en omgekeerd, hoe groter, hoe „warmer”. Daarnaast speelt de temperatuursgradient tussen huidoppervlak en omgevingslucht een belangrijke rol. Deze gradienten zijn te beïnvloeden door een goede en voldoende lange afkoelingsperiode.

Een verbetering van de thermographische diagnostiek is te bereiken door ondersteuning met infraroodfotografie, waardoor het veneuze patroon met name in het gebied der afwijking nader geanalyseerd kan worden (HARRIS et al., 1966; MELANDER en NOTTER, 1967; JONES, 1969; WALLACE en DODD, 1968; AARTS, 1968<sup>b</sup>, 1969). Sommigen van deze auteurs hebben in hun opstelling voor onderzoek van de mamma een combinatie verwezenlijkt van mammografie, thermographie en infraroodfotografie (MELANDER, NOTTER en BORG, 1967; JONES, 1969; HARRIS, GREENING en AICHROTH, 1966). Zij stellen, dat een combinatie van verhoogde huidtemperatuur tesamen met verbreding der huidvenen als een betrouwbare indicatie gezien moet worden voor het aanwezig zijn van een maligniteit. Het probleem van de bepaling welke temperatuursverschillen als verdacht moeten worden beschouwd, wordt hierdoor enigszins vergemakkelijkt. Een uitgesproken venentekening in een normale borst kan reeds een temperatuursverhoging ten opzichte van de omgeving van 1 à 1.5°C boven deze vene veroorzaken (JONES, 1969). Het algemeen aanvaarde criterium van een lo-



kale temperatuursverhoging van 1.5°C als suspect kan hier dan zeker niet gehandhaafd worden. In een persoonlijke mededeling vermeldt WALLACE (1969), dat nadere bestudering van thermogrammen verkregen met een thermograaf met een zeer goed geometrisch oplossend vermogen heeft laten zien, dat „often what we read as „hot spots” are in fact „clusters of veins”. Waar zo'n venenpatroon ontbreekt is mogelijk een geringer temperatuursverschil al suspect te noemen. CONNELL et al. (1966) achten een  $\Delta T$  van 2° F. voldoende!

Het beeld van het gestoorde warmtepatroon hangt ten nauwste samen met het type van het normale thermographische beeld. Het meest eenvoudig ligt dit bij de groep I-patronen, terwijl bij de groep II-beelden vaak naast lokale hyperthermie ook een daarvan uitstralend venenpatroon is te zien.

In de groep II C - 27,5 % der mammathermogrammen volgens JONES (1969) - is het moeilijk een beeld als pathologisch te duiden, vooral bij een temperatuursverschil van 1° - 1.5°C.

Het temperatuurspatroon in groep III ligt als regel wat hoger en in deze groep worden vooral de fout-positieve thermogrammen gezien. Dit komt dus zeer goed overeen met de bevinding van WALLACE en DODD betreffende de veneuze konvoluties. Een belangrijke steun bij de interpretatie geeft de leeftijd van de patiente, daar vrouwen in de menopauze als regel een warmtepatroon-type groep I hebben, zodat het vinden van thermisch actieve mammae voor deze leeftijdsgroep al als zéér suspect gezien mag worden.

JONES (1969) stelt, dat de thermogrammen van de groep IV-typen, dus met het onregelmatige vlekke temperatuurspatroon, de meeste kans bieden op foutief-negatieve interpretatie. Hier moet zowel lokale meting ter plaatse van de tumor en ter plaatse van het kontralaterale symmetrische gebied als infraroodfotografie als onontbeerlijk hulpmiddel gebruikt worden. Het is mogelijk, dat de VDR volgens DODD en WALLACE (1968) voor deze groep van belang is.

De mate van temperatuursverhoging van de huid boven een tumor kan op grond van het werk van WILLIAMS en HANDLEY (1962, 1963) niet ontkend worden. Vooral WILLIAMS heeft een belangrijk aspect belicht door de gegevens van het histologisch onderzoek en de klinische stadiumindeling met de mate van temperatuursverhoging te vergelijken. De slechtere patholoog-anatomische en klinische stadiumindeling ging gepaard met een sterkere temperatuursverhoging boven de tumor. Bovendien bleek de overlevingsduur duidelijk meer infaust bij de groep met hogere temperatuur dan bij die met een geringere temperatuursverhoging.

Het is dus alleszins belangrijk reeds geringe temperatuursverhogingen op te sporen, teneinde zodoende de carcinomata in een vroeg stadium te diagnosticeren. Dit zou op grond van de mededelingen van WILLIAMS een duidelijk gunstige invloed op de prognose moeten hebben.

De zo gewenste verbetering van de vroege diagnostiek en daarmee van de prognose en het in theorie gemakkelijk toegankelijk moeten zijn van de mammatumoren, zijn waarschijnlijk wel de redenen geweest, dat de toepassing van de thermographie zo sterk gericht is geweest op het mamma-onderzoek. (LAWSON, 1956, 1957; LAWSON en CHUGHTAI, 1963; LAWSON, 1964<sup>a</sup>; LAWSON en GASTON, 1964<sup>b</sup>; WILLIAMS, 1963; 1964<sup>a,b,c</sup>, 1965, 1969<sup>a</sup>; WILLIAMS et al. 1960, 1961; GERSHON-COHEN 1964<sup>d</sup>, 1967<sup>a,c</sup>; GERSHON-COHEN et al. 1964<sup>a,b,c,f</sup>, 1965<sup>a,b,c,d</sup>, 1967<sup>b,d</sup>; GROS, 1967<sup>d</sup>; GROS et al. 1966<sup>a,b</sup>; 1967<sup>e</sup>, 1969; AARTS, 1966<sup>a</sup>, 1967, 1968<sup>b</sup>, 1969<sup>a</sup>; BOURJAT, 1966; BARNES et al. 1963<sup>a,b</sup>; BARNES, 1963<sup>c</sup>, 1964<sup>b</sup>, 1968; BRÅNEMARK, 1964, 1966; BRASFIELD et al. 1964, 1965; CONNELL et al. 1966; GILBERTSEN, 1966; HANDLEY, 1962; HANDLEY en WILLIAMS, 1963; HARRIS et al. 1966; HOFFMAN en DIMATTIA, 1964; R. L. HOFFMAN, 1967; JONES, 1969; LEWISON, 1964; MACDONALD, 1966; MANSFIELD et al. 1968; MELANDER et al. 1967<sup>a,b</sup>; NOTTER et al. 1966; PLANIOL et al. 1967; SAMUEL en YOUNG, 1969; SANDERS 1966; SHAW, 1969; SMESSEART et al. 1965; STRAX, 1964; SWEARINGEN, 1965; WALLACE et al. 1965, 1968; YOUNG, 1967, 1968;)

De aanvankelijk zeer positieve berichten zijn wat afgezwakt (b.v. HARRIS et al. 1966) en de poging alléén op grond van de thermographische beelden de diagnose te stellen is verlaten. Terecht wordt thans van de thermographie verwacht een „screening-methode” te zijn, zodat massa-onderzoek met grote mate van betrouwbaarheid verricht kan worden (SAMUEL, 1968; SHAW, 1969; STRAX, 1964). Daarnaast kan de thermographie dienen om nadere informatie te verstrekken omtrent de activiteit van een klinisch gevonden afwijking.

Als eerste stap naar een eventueel onderzoek van een grote a-selekte groep vrouwen boven de 35 jaar hebben wij getracht een oordeel te vormen over de betrouwbaarheid van de thermographie.

In een periode van 2 jaar werden daarom nagenoeg alle patienten, die zich met klachten van de mamma op de chirurgische polikliniek meldden, zowel thermographisch als in principe ook mammografisch onderzocht. \*

Eveneens konden een ons onbekend aantal patienten zonder klinische aanwijzingen voor een mammacarcinoom, onderzocht worden. De diagnose, bij deze patienten gesteld, werd ons eerst later bekend, meestal, doordat een histologisch onderzoek ontbrak.

Onze eigen ervaring, waarbij onze benadering in wezen verschillend is van die van nagenoeg alle andere onderzoekers door een waarschijnlijkheidsdiagnose op te stellen op grond van het thermographisch onderzoek en deze te

---

\* Om zo veel mogelijk objectiviteit bij de beoordeling van de thermogrammen te verkrijgen werd de expertise van het röntgenonderzoek verricht door een van mijn medewerkers. Het resultaat hiervan kreeg ik eerst na het beoordelen van het thermogram in mijn bezit.

korreleren met de gegevens van mammografie en zo mogelijk ook met het patholoog-anatomische, omvat 179 patienten.

De serie laat zich in vier groepen splitsen:

a) naast een thermographisch onderzoek werd röntgenmammografie en histologisch onderzoek verricht. Deze groep omvat 113 patienten. Enkele voorbeelden tonen de figuren 28, 29 en 30.

b) er werd geen patholoog-anatomisch onderzoek verricht naast het thermographische en het röntgenologische. Hierin zijn 49 patienten opgenomen.

c) een thermographisch en een histologisch onderzoek staan ter beschikking, maar er werd óf afgezien van röntgenonderzoek óf dit werd elders verricht en de gegevens hiervan zijn onnaspeurbaar. Deze groep omvat 5 patienten.

d) de groep zonder parallel onderzoek, derhalve geen röntgenologische en patholoog-anatomische controle. Deze onderzoeken werden niet nodig geoordeeld óf omdat het klinisch onderzoek geen aanknopingspunten gaf óf omdat patiente verder onderzoek weigerde. In deze groep vallen voornamelijk die patienten, die om geheel andere redenen dan klachten over de mamma voor onderzoek kwamen b.v. onregelde diabetes mellitus, hartklachten e.d. In totaal betreft dit 12 patienten. Voor verdere analyse vallen deze dus uit. Bij 10 patienten werd geen aanwijzing gevonden voor een verhoogde activiteit, bij 2 was het warmtepatroon gestoord en was de mogelijkheid van een actief proces niet uitgesloten te achten, zonder overigens omtrent de aard van deze activiteit nadere gegevens te hebben.

ad a) Een nadere analyse van de 113 gevallen in groep I geeft de volgende onderverdeling:

*Tabel III: Resultaten van het onderzoek van 113 patienten*

Th	Rö.	P.A.	No
+	+	+	30
+	—	+	15
+	+	—	20
+	—	—	11
—	+	+	0
—	—	+	0
—	+	—	5
—	—	—	32

Bij de nadere analyse van de gegevens uit tabel II hebben wij twee uitgangspunten. Het eerste is de veronderstelling, dat de patholoog-anatomische di-

agnose juist is; ons tweede uitgangspunt is het feit, dat alle patienten in deze groep met een „knobbeltje” in de borst zich bij de chirurg meldden en dat ook de chirurg dit knobbeltje vond. Dit laatste uitgangspunt is gerechtvaardigd, omdat bij alle 113 patienten een histologisch onderzoek werd verricht.

Het blijkt nu, dat in 82 gevallen (= 73 %) de juiste diagnose thermographisch werd vermoed. In slechts 73 gevallen werd röntgenologisch de diagnose gesteld (= 65 %). In 20 gevallen (= 18 %) bleek de diagnose wel thermographisch, maar niet röntgenologisch te zijn overwogen.

Röntgenologisch en thermographisch tesamen werd in 93 gevallen (= 82 %) de diagnose juist gesteld.

Bij het nader analyseren van de 77 als „gestoord” gewaardeerde thermogrammen zien wij, dat bij 45 van de 76 (= 60 %) een carcinoom werd gevonden. Het positieve resultaat voor de röntgenologie wordt in 30 van de 55 gevallen (= 55 %) door het patholoog-anatomisch onderzoek bevestigd. Dit is dus niet in overeenstemming met de literatuur. De röntgenologie schiet hier belangrijk te kort, vooral ook, daar bij 15 „bewezen” carcinomen röntgenologisch geen afwijkingen werden gezien.

Daarnaast bieden de negatieve thermogrammen voor dit materiaal de zekerheid, dat geen carcinoom aanwezig was, want in alle 37 gevallen werd ook histologisch geen maligniteit gevonden.

Hieruit mag men niet konkluderen, dat röntgenonderzoek ongeschikt is voor het opsporen van het mammacarcinoom. Men kan alleen zien, dat het röntgenmammogram niets heeft bijgedragen aan de diagnose-stelling in vergelijking met het thermomammogram. Onze konklusie is dan ook, dat het incidenteel verrichten van röntgenonderzoek van de mamma weinig zin heeft en dat grote ervaring nodig is bij het beoordelen van de röntgenmammogrammen.

Ook zouden wij de konklusie willen trekken, dat op grond van dit materiaal het gebruik van de thermographie voor „massascreening” mogelijk is.

ad b) Deze groep omvat 49 patienten, bij wie geen histologisch onderzoek werd gedaan, of bij wie de resultaten van zo'n onderzoek niet te achterhalen bleken. Wij zien, dat bij 35 een negatief thermogram en een normaal mammogram werd gevonden. Hierbij zijn echter een groot aantal patienten, die geen klachten van de mamma hadden, doch slechts als „stille controles” door de chirurg werden gezonden. In tegenstelling tot de eerste groep mogen deze 35 met een negatief thermogram niet medegerekend worden.

Er blijven dus 14 patienten over. Bij 12 werd een gestoord thermogram gezien. Als de verhoudingsgetallen van groep a juist zijn, dan mag men bij 60 % een carcinoom verwachten, dus bij 7 patienten. Wij vinden slechts bij 5 een afwijkend mammogram!

De twee patienten met een ongestoord warmtebeeld hadden beiden een afwijkend röntgenmammogram. Een verdere bevestiging ontbreekt.

Vermelding verdient nog, dat in één geval een gestoord warmtepatroon, aanvankelijk niet door het röntgenonderzoek gesteund, later ook röntgenologisch op een carcinoom bleek te berusten.

Deze kleine groep is overigens nauwelijks van belang en niet geschikt voor statistische bewerking.

ad c) De groep zonder mammografische controle - deels te wijten aan een verzuim van de klinikus, deels aan een te laat oproepen voor onderzoek door onze diagnostiekafdeling (patiente bleek dan reeds te zijn geopereerd), deels doordat het röntgenonderzoek elders geschiedde en het niet mogelijk bleek inlichtingen te verkrijgen - maar wel met histologische, omvat 5 patienten.

Hier wordt een konkordantie gevonden van 4 gevallen en een diskongruentie in 1 geval. De groep is te klein voor verdere bespreking, maar hierin bevindt zich wel het enige thermogram, dat als normaal werd beoordeeld en waar histologisch een carcinoom werd gevonden.

Bij dit diskongruente thermogram - het histologisch onderzoek toonde dus een maligne aandoening - zouden wij willen aantekenen, dat het in de huidige omstandigheden niet voor beoordeling in aanmerking zou zijn gekomen, daar de kwaliteit van het onderzoek onvoldoende geacht moet worden. Onze grotere ervaring heeft ons steeds kritischer doen worden ten opzichte van de te verwerken informatie-gegevens. Toch blijft dit een voorbeeld van verkeerde interpretatie. De histologische diagnose: „medullair carcinoom met lymphocyttaire infiltratie“, waarbij de patholoog-anatoom de aantekening maakte: „een vorm van mammacarcinoom, welke in het algemeen een wat goedaardiger verloop heeft dan het mammacarcinoom in het algemeen“, wijst misschien op een geringe activiteit.

Mogelijk hebben wij hier te maken met „het grote thermographische probleem der langzaam groeiende weinig metabole activiteit vertonende carcinoomen“ (WILLIAMS, persoonlijke mededeling, 1968), hetgeen bij optimale beelden misschien toch ook verborgen zou zijn gebleven bij thermographisch onderzoek.

Klinisch was de diagnose voldoende zeker om te opereren en daardoor werd geen mammographisch onderzoek verricht. Vermoedelijk was hierbij wel de juiste diagnose gesteld.

Nogmaals dient onderstreept te worden dat thermographisch geen diagnose maligniteit of afwezigheid daarvan kan worden gesteld, maar dat alleen aangegeven kan worden of een abnormaal warmtepatroon aanwezig is, mo-

gelijk van maligne oorsprong. M.a.w. er wordt alleen de aanwijzing gegeven, dat op grond van het thermographische beeld een verder onderzoek aange-  
wezen is te achten. In onze opstelling wordt reeds parallel mammografie ver-  
richt.

Indien wij onze ervaring en getallen van 83 % vergelijken met wat in de lite-  
ratuur is te vinden, dan valt op dat in vele publikaties (o.a. WILLIAMS, 1963, 1964  
b,c; NOTTER en MELANDER, 1966) slechts aangegeven wordt in welk percentage  
van de gevonden mammatumoren een temperatuursverhoging werd gevon-  
den, maar niet of op grond van het gestoorde warmtepatroon de mogelijkheid  
van een maligne proces werd gesuggereerd en zo ja in welk percentage deze  
verwachting door het verdere onderzoek werd bevestigd. Het werk van  
WILLIAMS (1963, 1964<sup>c</sup>, 1969<sup>a</sup>) verdient grote aandacht, daar hij niet alleen de  
verandering in het warmtepatroon van de huid naging, maar eveneens een  
duidelijke relatie aantoonde tussen de mate van temperatuursverhoging en de  
prognose, benevens een verband tussen histologisch type en kwantiteit van  
de verhoogde huidtemperatuur boven de tumor.

Slechts enkele schrijvers hebben een opzet, die in grote lijnen met de onze  
overeenkomt.

SWEARINGEN (1965) bericht over het thermographisch onderzoek bij 250 ge-  
vallen, waarbij hij tesamen met de mammografie komt tot een percentage juis-  
te diagnoses van 95; WALLACE en medewerkers (1965) geven een werkmetho-  
de, die veel overeenkomst vertoont met de onze, terwijl in 1968 WALLACE en  
Dodd een meer uitgewerkte studie over 607 patienten publiceerden met 597  
bruikbare thermogrammen. Ook daarin worden in de beginfase technische  
moeilijkheden gerapporteerd. Bij 187 patienten geschiedde een histologisch  
onderzoek, waaruit 118 benigne en 69 maligne tumoren resulteerden( *Tab III*)

Thermographisch werd dus 39 % van de benigne tumoren als maligne gedi-  
agnosticeerd, terwijl 13 % van de maligne thermographisch benigne leken.

Vermelding verdient, dat 14 van de 21 foutief als suspekt voor carcinoom ge-  
waardeerde mammografieën een negatief thermogram toonden. Tegen 14 ne-  
gatieve thermogrammen in de carcinoomgroep staan 21 foutief-negatieve  
mammografieën, waarbij slechts 5 patienten zowel thermographisch als rönt-  
genologisch geen afwijkingen toonden.

De uitgebreide studie van WALLACE en Dodd betreft ook in de beoordeling  
der resultaten de 378 patienten, bij wie geen biopsie plaats vond en tenslotte  
vermelden zij als resultaat van de gehele groep van 565 gevallen( *Tabel IV*)

**Tabel III:** Interpretive Results of Thermography and Mammography in 187 Patients with Presence or Absence of Breast Cancer Established by Biopsy

Examination	118 Benign — Tumors —		69 Malignant — Tumors * —	
	True- Nega- tive (%) +	False- Posi- tive (%) + +	True- Posi- tive (%) §	False- Nega- tive (%) **
Thermography	61	39	87	13
Mammography	78	22	76.5	23.5

\* One patient was examined by thermography only.

+ The percentage of benign lesions diagnosed as benign by mammography or thermography.

+ + The percentage of nonmalignant lesions diagnosed as cancerous by thermography or mammography.

§ The percentage of cancers correctly diagnosed by mammography or thermography.

\*\* The percentage of cancers diagnosed as benign by mammography or thermography.

**Tabel IV**

	% negatief	% fout-positief	% positief	% fout-negat. *)
Thermographie	81.3	18.7	87	13
Mammographie	91.1	8.9	76.5	23.5

\*) negatief: thermographisch/mammografisch als benigne geduid

fout-positief: thermographisch/mammografisch als maligne geduid bij benigne aandoening

positief: thermographisch/mammografisch als maligne geduid

fout negatief: thermographisch/mammografisch als benigne geduid bij maligne aandoening.

Deze getallen komen in grote lijnen overeen met de onze.

In een persoonlijke mededeling vermeldt WALLACE (Jan. 1969) op een totaal van 4726 thermogrammen een aantal van 195 primair bewezen carcinomen. Hiervan waren 32 klinisch niet waarneembaar door een grootte van 4 à 5 mm, op verschillende diepte gelegen. Door thermographie werd 85% van alle aanwezige carcinomen gevonden. Er was een foutief-positief percentage van 11%. Van de 518 foutief-suspekte thermogrammen bleken er 19 tussen 3 maanden en 2 jaar na het eerste verdachte thermogram, een carcinoom te ontwikkelen (patholoog-anatomisch bevestigd).

Een studie van Gros en medewerkers (1968) geeft geen vergelijkbare gegevens. Een analyse van het onderzochte materiaal blijft geheel achterwege.

SAMUEL en YOUNG (1969) geven een analyse van het thermographisch onderzoek bij 116 normale vrouwen en 77 carcinoom gevallen. Deze laatste groep kwam op nagenoeg dezelfde wijze tot stand als de onze. Volledigheidshalve herhalen wij nog even onze eigen getallen: 113 patienten, met 45 carcinoemen; 60 % van onze gestoorde thermogrammen bleken een carcinoom te hebben. Bij alle als „normaal” geduidde warmtebeelden (37) werden patholoog-anatomisch geen carcinoemen gevonden. Ook de patienten van SAMUEL toonden klinische verschijnselen, die mogelijk op een aandoening in de mamma berustten, maligniteit niet uitgesloten.

In de eerste groep werden 16 abnormale thermogrammen gevonden, 7 normaal, 4 benigne afwijkingen, 4 onbepaald en voorgedragen voor proefexcisie (2 Reclus, 1 adenoom, 1 cysteuze melkgangverwijding) en één verdacht van maligniteit, waarbij histologisch onderzoek een carcinoma in situ toonde.

In de groep met klachten werd in 58,4 % de diagnose vermoed op het thermographische beeld, in 78,5 % bij mammografie en in 48,7 % op klinische gronden. Slechts in 2 gevallen moest een vriescoupe uitkomst brengen.

SHAW (1969) geeft een overzicht van de resultaten bij 738 vrouwen, die een „Consultatiebureau voor mammaonderzoek” bezochten in aansluiting aan preventief gynaecologisch onderzoek.

Bij 40 werd thermographisch een afwijkend beeld gevonden. De 3 carcinoemen, die bij verder onderzoek gevonden werden, waren thermographisch gediagnosticeerd. Een van deze tumoren had geen klinische verschijnselen.

Ofschoon de gegevens van onze eigen serie en die uit de literatuur een overeenkomst tonen, is het trekken van konklusies nog niet verantwoord. Afgezien van het beperkte aantal van 167 in ons eigen materiaal, biedt ook de literatuur in het algemeen nog te kleine series. Dit is natuurlijk mede het gevolg van het nog erg jong zijn van de thermographie.

Eveneens moet erbij betrokken worden, dat het in de geneeskunde nu eenmaal niet gemakkelijk is in een betrekkelijk korte tijd grote series te verzamelen en te bewerken. Indien men zich een tijdslimiet stelt, teneinde eventuele veranderingen, die zich in de tijd voordoen, te elimineren, worden de series te klein, terwijl, bij het zich baseren op een bepaald aantal, terecht de opmerking gemaakt kan worden, dat de tijdsfaktor in het onderzoek werd ingevoerd.

Toch zal de gunstige aanwijzing, die op grond van ons eigen materiaal werd verkregen en die gestaafd wordt door de gegevens in de literatuur, verder moeten worden uitgebouwd. In allereerste instantie is het daarvoor nodig, dat bij grote groepen - a-selekt samengesteld - thermographisch onderzoek van de mammae wordt verricht, teneinde de variëteiten in het normale beeld nader te preciseren.

Vervolgens zal het nodig zijn de bij dit program gevonden „abnormale ther-



mogrammen" te kontroleren met een verder gaand onderzoek en met name mammografie en eventueel zelfs biopsie. Idealer zou het naar onze mening zijn, indien zelfs bij deze proefserie, de thermographie gekoppeld kan worden met mammografisch onderzoek van alle patienten. Deze laatste methode wordt immers al ruim 10 jaar gebruikt in diverse „Cancer-detection Centers (BILBAO, 1968; BRASFIELD et al., 1964, 1965; CONNELL et al., 1966; GERSHON-COHEN et al., 1964b,c,d,f; 1967b; GERSHON-COHEN, 1964, 1967c; HARRIS et al., 1966; HOFFMAN, 1967; SAMUEL et al., 1969; SHAW, 1969; STEVENS et al., 1966; STRAX, 1964; STRAX et al., 1967; WALLACE et al., 1968) en heeft haar waarde bewezen. Het is dus verantwoord de mammografie als een parameter te gebruiken, alhoewel er ook minder optimistische berichten zijn (GILBERTSEN, 1966; SANDERS, 1966).

Op basis van de gegevens uit ons beperkte materiaal en gekorreleerd met gegevens uit de literatuur blijkt:

1. Vroegtijdige ontdekking van het mammacarcinoom verbetert de prognose.

In de literatuur wordt vermeld (GERSHON-COHEN, 1967c), dat een grootte van  $\pm 10$  mm nodig is voor klinische waarneembaarheid, terwijl HOFFMAN (1967) en J. WALLACE (1968) berichten over een thermographisch waarneembaar zijn van een mammacarcinoom met resp. 4 mm en 2 mm doorsnee.

Indien het mogelijk is deze kleine carcinomen aan te tonen en dus in een stadium, dat subklinisch genoemd mag worden, te behandelen, zullen de cijfers van de 5- en 10-jaars overlevingsduur sterk verbeteren.

2. Het normale warmtepatroon der mamma toont vele variëteiten onder physiologische omstandigheden en niet alleen samenhangend met hormonale factoren (JONES, 1969; J. WALLACE, 1968).

Nog ontbreekt voldoende ervaring met al deze patronen. Derhalve dient een grote groep vrouwen bij herhaling thermographisch te worden onderzocht, teneinde vooral de voor iedere vrouw karakteristieke temperatuursprofielen te leren kennen en tot een betere type-indeling te komen.

3. Korrelatie met mammografie en zo nodig biopsie is gewenst, teneinde te kunnen vergelijken deels met op hun waarde getoetste methoden deels met toch min of meer onbetwistbare histologische beelden.

4. Het completeren van het thermographisch onderzoek met mammografie en biopsie dient zeker te geschieden als enige abnormaliteit in het temperatuursbeeld aanwezig lijkt óf als er een duidelijke verandering in het thermogram is opgetreden sinds het voorafgaande onderzoek, waarvoor geen ongedwongen verklaring is te geven.

5. Het verkrijgen van voldoende gegevens ter nadere bepaling van de waarde en de betrouwbaarheid van de thermographie dient te geschieden volgens

een nauwkeurig gestandaardiseerd program en bij voorkeur niet versnipperd over enkele centra doch zo mogelijk - totdat meer inzicht is verkregen - in één enkel centrum, dat tevens dient te beschikken over faciliteiten voor uitgebreider klinisch en röntgenologisch onderzoek en aanleunend tegen een patholoog-anatomisch centrum.

6. Met de desbetreffende deskundigen zou overleg opgenomen kunnen worden of een verwerking-in-eerste-instantie in een computer zou kunnen geschieden.

7. Een belangrijke voorwaarde voor het uitwerken van de opzet van een grote proefserie inzake de waarde en de betrouwbaarheid is het inschakelen van een statisticus.

8. De benodigde fondsen voor een dergelijk de gezondheidszorg betreffend onderzoek zullen uit de openbare middelen, geheel of voor het grootste gedeelte beschikbaar moeten worden gesteld. Een aanvulling van particuliere zijde dient niet in eerste instantie overwogen te worden.

9. Op basis van bovenvermeld programma van eisen lijkt het mogelijk in enkele jaren voldoende gegevens te hebben om een uitspraak te doen.

10. De verwachtingen, op grond van hetgeen tot nu toe door diverse onderzoekers is verricht, lijken beslist niet ongunstig.

#### **SAMENVATTING:**

Zowel op grond van theoretische overwegingen als op basis van de literatuurgegevens en de eigen ervaring is een nuttige bijdrage van de thermographie te verwachten bij het onderzoek van de mamma.

Indien één aandoening uitermate geschikt is voor het thermographisch onderzoek, dan is dat het mammacarcinoom. Het nut kan gezien worden in het „screenings“-karakter en in het vroegtijdig alarmeren vaak vóór enig klinisch symptoomaanwezig is.

## HOOFDSTUK IV

### HET THERMOGRAPHISCH ONDERZOEK VAN DE SCHEDEL

Voor het opsporen van circulatiestoornissen - verreweg de belangrijkste indicatie - is het noodzakelijk het warmtepatroon van het aangezichtsgedeelte te onderzoeken, terwijl ruimte-innemende processen vooral intracranieel gelokaliseerd zijn en derhalve een ander gebied bestrijken.

In het vervolg - resp. par. 1 en par. 3 - zal nader worden ingegaan op de uiteenlopende problemen van deze van elkaar verschillende indicaties.

Tenslotte is een afwijking in het gebied van de nasopharynx en van de hals een derde indicatiegebied.

Het thermographisch onderzoek van het aangezicht, meestal in voor-achterwaartse richting, is bekend als „faciale thermographie”.

Naar analogie hiervan zou men het onderzoek van het hersengedeelte van de schedel „cerebrale thermographie” kunnen noemen of „craniele thermographie”.

Ongenaamd blijft dan nog het onderzoek van het gebied van de zijdelingse hals en het nasopharynx gebied en van het ventraal gebied van de hals. Men zou hiervoor kunnen overwegen de begrippen: „cervicale thermographie”, met de nadere aanduiding: „links c.q. rechts lateraal”; respectievelijk: „ventraal c.q. dorsaal” (zie hoofdstuk VI).

#### *Par. 1: Het normale aangezichts-thermogram.*

In het algemeen zal het aangezichts- of faciale thermogram voor de diagnostiek van de cerebrovasculaire insufficiëntie gebruikt worden, terwijl andere indicaties van minder belang zijn.

De vrij eenvoudige verhoudingen in de vaatvoorziening van de schedelinhoud en de andere gebieden van het hoofd hebben spoedig de mogelijkheden van de thermographie nader doen onderzoeken (Heinz et al., 1964) ofschoon het mechanisme nog onbegrepen bleef. Eerst Wood (1964, 1965a,b) gaf een juiste verklaring van de haemodynamische verhoudingen, die het thermographisch patroon van het gezicht bepalen.

De vaatvoorziening van het hoofd geschiedt door het carotis- en het vertebralissysteem, die voornamelijk via de circulus Willisii met elkaar anastomosen.

De A. carotis communis splitst zich in een externa - en internastroomgebied, dat anastomoseert in het A. facialis - en A. ophthalmica-gebied, afkomstig van de A. carotis externa resp. interna. Deze anastomose vindt plaats in het gebied van voorhoofd, ogen en neus.

De A. carotis interna geeft als eerste tak na het binnentreden van de schedel de A. ophthalmica af, welke zich in enkele eindtakken splitst, waarvan de kleinste zijn de A. frontalis en de A. supra-orbitalis, die de supra-orbitale en oculaire huidgebieden verzorgen (fig. 31 en 32).

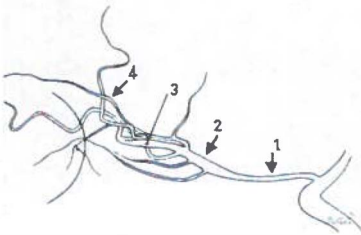


fig. 31: Verloop A. ophthalmica vanaf de carotissyphon

- |                        |                            |
|------------------------|----------------------------|
| 1: pars infra-optica   | } van de A.<br>ophthalmica |
| 2: pars latero-optica  |                            |
| 3: pars supra-optica   |                            |
| 4: A. supra-orbitalis. |                            |

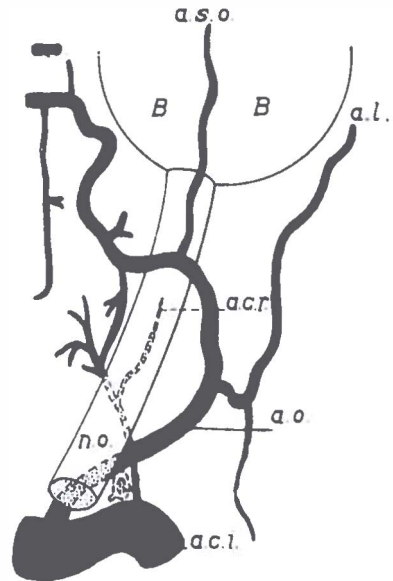


fig. 32: Schema van de vertakkingen van de A. ophthalmica.

- B = Bulbus oculi  
a.c.i. = A. carotis interna  
n.o. = Nervus opticus  
a.c.r. = A. centralis retinae  
a.o. = A. ophthalmica  
a.s.o. = A. supra orbitalis  
a.l. = A. lacrimalis.  
(variaties zijn mogelijk)

(naar Dilenge, Fischgold en David.:  
L'angiographie par soustraction de  
l'Artère ophthalmique et de ses  
branches, Paris, 1965; Ed. Masson)

Deze gebieden zijn derhalve de enige huidgebieden, die vanuit het stroomgebied van de A. carotis interna worden voorzien met arterieel bloed. Een complicerende factor is, dat het gebied van de ooghoek ook door takken van

de A. carotis externa wordt gevoed. Dientengevolge is uiteindelijk het mediale supraorbitale gebied het enige, dat een enkelvoudige vaatvoorziening heeft.

Welke registratie vindt nu plaats bij faciale thermographie? Bij „normale” beelden zal het warmtepatroon bepaald worden door de oppervlakkige vaten, afkomstig van de A. carotis externa met name in het gebied van de A. temporalis superficialis en in het hierboven omschreven gebied van de A. carotis interna. Bovendien echter ontstaat door de talloze anastomosen, vooral in het gebied rondom het oog en van de neus, een gemengd externa-interna beeld. Normaliter ontbreken in het gezicht warmtebronnen ter plaatse, maar wordt een beeld verkregen van de funktionele bloedvoorziening van het gezicht, waarbij de warmtecapaciteit van het weefsel, bepaald door de verhouding huid oppervlak/volume, een duidelijke rol speelt.

Indien echter in het onderliggende weefsel warmtebronnen aanwezig zijn ten gevolge van een acute ontsteking (b.v. ten gevolge van een sinusitis), dan zal ter plaatse daarvan een verhoogde temperatuur gevonden worden, die geen verband houdt met funktionele aspecten in het carotisstroomgebied en daardoor maskerend werkt. Eveneens laat zich denken, dat een kwalitatieve verandering van de huid (b.v. een actief eczeem) het gehele warmtebeeld zal beïnvloeden en daardoor de thermographische mogelijkheden benadelen.

Overigens zij opgemerkt, dat het thermographisch natuurlijk mogelijk moet zijn een acute sinusitis van een chronische te differentiëren. In het eerste geval zal een „hot spot” geregistreerd worden, verband houdend met de aanwezigheid van acute ontstekingsverschijnselen, terwijl in het tweede geval géén „hot spot” te vinden is, daar hier alleen een slijmvlieszwelling in een benige holte aanwezig is. De thermographie kan de K.N.O.-arts in deze hulp bieden bij zijn differentiaal-diagnose.

Het ongestoorde warmtebeeld van het gezicht toont nu „van nature” warme gebieden ter plaatse van het voorhoofd, perioculair en perioraal, terwijl de naso-labiale plooien eveneens warm zijn. Het gebied van en vóór de oren behoort ook tot de warmere gebieden.

De „koudere” gebieden zijn de neus, de wangen, de oorranden, de hoornvliezen, de wenkbrauwen en de wimpers, zoals alle behaarde gedeelten (ook snor en baard).

Waar over „koude” en „warme” gebieden gesproken wordt zijn deze begrippen als relatief ten opzichte van elkaar te beschouwen (fig. 33).

Vooral het gelijk zijn van de temperatuur in het mediale supraorbitale gebied, het niet-koud zijn van het verzorgingsgebied van de A. temporalis superficialis en het koud zijn van de neus is van belang bij het beoordelen van het faciale thermogram op het „ongestoord” zijn.

Op grond van ongeveer 1000 gezonde proefpersonen in allerlei leeftijds-klassen kon Wood komen tot het vaststellen van het „normale” faciale thermo-

gram, waarbij een totaal temperatuurstrajekt van  $\pm 3^{\circ}\text{C}$ . niet wordt overschreden en een verschil in het mediale supra-orbitale gebied tussen links en rechts van minder dan  $0,5^{\circ}\text{C}$  bleek te bestaan.

Deze onderzoeken van Wood waren zeer diepgaand en bovendien gekompleteerd met experimentele vermindering van de circulatie in het carotis-systeem. Een overeenkomstig beeld, als op grond van de pathologische gevallen verwacht mocht worden, werd daarbij gevonden. Wij hebben bij een 30-tal normale proefpersonen een indruk van het normale faciale thermogram trachten te verkrijgen, terwijl enkele van deze „normalen” angiographisch gecontroleerd konden worden (AARTS, 1966<sup>b</sup>, 1968<sup>a</sup>).



*fig. 33: Normaal aangezichtsthermogram (Rö. 5.66.68.).*

Deze kleine serie gaf geen andere uitkomsten dan de grote van Wood, terwijl de grote mate van symmetrie, die reeds door LAMPERT en EIGEL (1964) op andere wijze werd gevonden, kon worden bevestigd.

Konklusies in het anatomische vlak - meestal topografische - zijn afgeleid uit het funktionele beeld.

*Par.2: Het aangezichtsthermogram bij circulatie-stoornissen.*

Gezien het feit, dat het warmtepatroon in twee circumscripte gebieden samenhangt met een enkelvoudige circulatoire verhouding, wordt een mogelijkheid geboden op grond van stoornissen in dit warmtepatroon vasculaire veranderingen op te sporen (HEINZ, GOLDBERG and TAVERAS, 1964; Wood, 1964, 1965<sup>a,b</sup>; GROS et al., 1966<sup>a,b</sup>; 1967<sup>b,h</sup>; AARTS, 1966<sup>a</sup>, 1966<sup>b</sup>, 1967; SCHULTE en AARTS, 1968; HEERMA VAN VOSS, 1967, 1968; J.D. WALLACE, 1967, 1969; S. WALLACE et al., 1968; BOURJAT, 1966, 1967; MAWDSLEY, SAMUEL, SUMERLING en YOUNG, 1968.).

Een vermindering van de hoeveelheid bloed in de A. ophthalmica, die een gemiddelde diameter heeft van 1 à 1 ½ mm (de A. supra-orbitalis van 0.5 tot 0.75 mm; de A. frontalis gemiddeld 1 mm en de A. centralis retinae slechts 0.3 mm) leidt tot een verandering in warmtetransport naar de bovenliggende huidgebieden bij deze eindarteriën.

De oorzaak van deze verminderde circulatie wordt uiteraard door het thermographisch onderzoek niet aangegeven.

Er zijn hier echter twee mogelijkheden

a) er komt in het gehele carotis-systeem te weinig bloed. Dit zal de meest voorkomende oorzaak zijn, vooral ook, daar de praedilectieplaatsen van afsluitingen en stenosen duidelijk extra-cranieel liggen (fig. 34). Dientengevolge wordt de bloedstroom verminderd vóór de afgang van de A. supra-orbitalis,

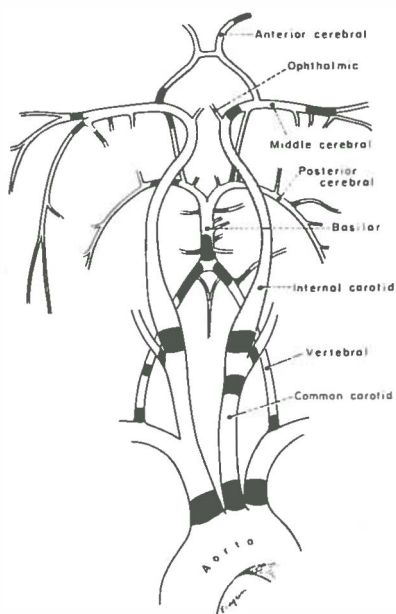


fig. 34: Schema volgens Fisher van de praedilectieplaatsen van afsluitingen en stenoses. (C. Muller Fisher, *Clinical Neurosurgery*, 1963 Vol 9 pp 88-105).

hetgeen zich thermographisch kenbaar maakt in het mediale supra-orbitale gebied (fig. 35 en 36). Bevindt de stenose c.q. afsluiting zich proximaal van de carotis-bifurcatie, dan krijgt ook de A. temporalis superficialis te weinig bloed, hetgeen in het laterale gedeelte van het voorhoofd een lagere temperatuur ten gevolge heeft, benevens in de homolaterale gelaatshelft.

b) er wordt te veel bloed „weggezogen” door de A. carotis internastam ten gevolge van shunts of abnormale vaatnetten distaal van de oorsprong van de A. ophthalmica, zoals bij grote arterio-veneuze anomalieën plaats vindt. Hier zal alleen het „carotis-interna-symptoom” zichtbaar zijn (fig. 37)

Daar de afbeelding van het temperatuurspatroon gebaseerd is op temperatuursverschillen ( $\Delta T$ ) en een vergelijking van temperatuur tussen links en rechts fundamenteel is, laat het zich verstaan, dat een dubbelzijdige afwijking een ernstige moeilijkheid vormt voor het thermographisch onderzoek (fig. 38). Daar een temperatuursverschil van  $0.2^{\circ}\text{C}$  discriminabel is met de snelle apparatuur en een van  $0.08^{\circ}\text{C}$  met de langzame is een afbeelding mogelijk, indien er maar een gering verschil bestaat in de mate van circulatoire insufficiëntie tussen links en rechts. In zo'n geval moet uiteraard afgezien worden van het „nog normaal” te achten verschil van  $0.5^{\circ}\text{C}$  tussen de symmetrische gebieden.

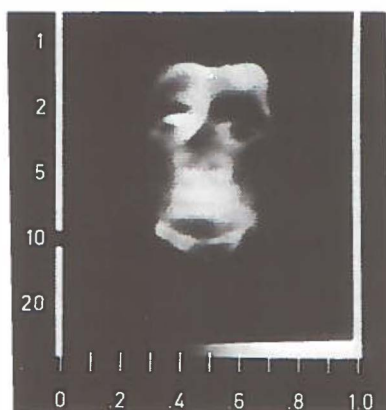
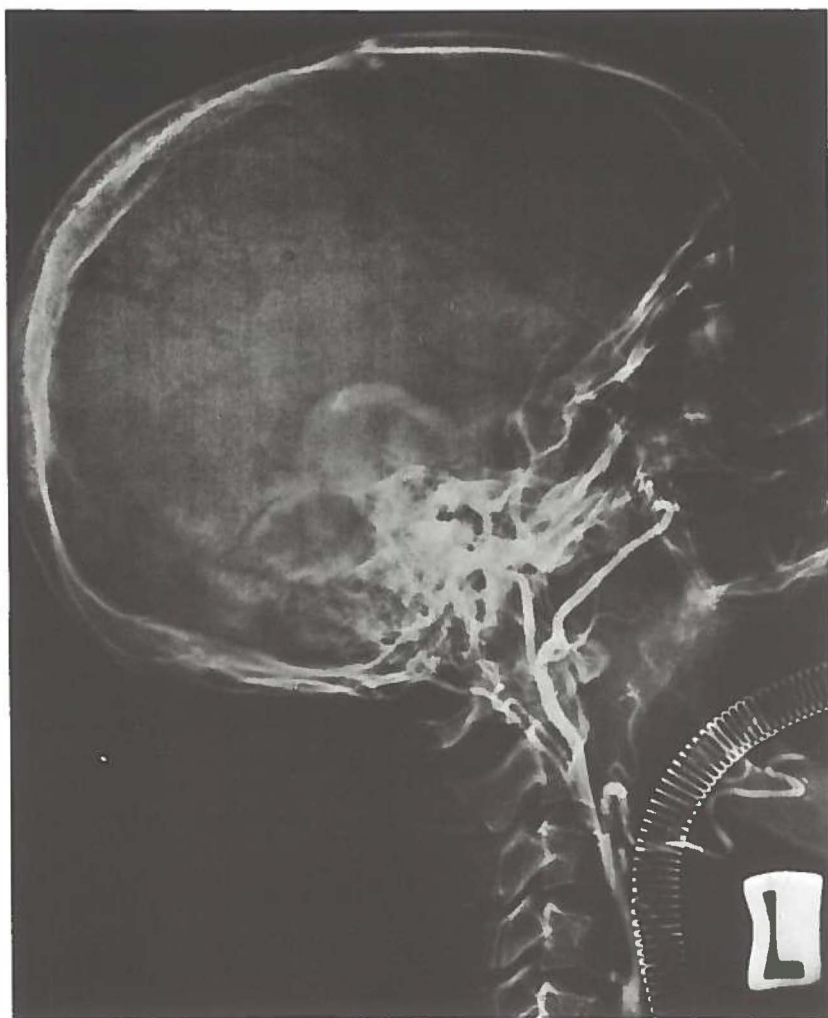


fig. 35: man (40 jaar) met koude zone links supra-orbitaal. De neus is warm (Rö. 17.02.33)

Zoals reeds door Wood (1965) bericht ontstaat er bij een afsluiting van de A. carotis interna aan één zijde, gepaard gaande met een stenose aan de andere, het paradoxke beeld van de „koude zone” aan de zijde van de geringere belemmering.

De thermographie biedt wat betreft de circulatiestoornissen grote mogelijkheden, zoals Wood (1965) in zijn voortreffelijke studie uiteen zet. Immers de klinische ervaring, dat er **meer** dan 50 % vernauwing van het lumen van het vat moet zijn ten gevolge van arteriosclerotische plâques voordat een duidelijke laesie ontstaat, terwijl in doorsnee een vernauwing van 75 % aanwezig is **voor** een cerebrovasculair accident optreedt, komt zeer goed overeen met de experimentele ervaring, dat afklemming van de A. carotis communis of interna





*fig. 36: Carotis-arteriografie van dezelfde patient. De A. Carotis interna links ontbreekt.*

eerst een ipsilateraal gestoord thermogram geeft als de vernauwing van het lumen 50 tot 60 % bedraagt (Wood, 1965).

Wood stelt dan ook: „Thermography appears, therefore, to provide a means for detecting approaching stroke prior to the onset of a frank neurologic deficit”. J. WALLACE (1967) konstateerde een goede korrelatie tussen thermographische en plethismografische bevindingen. Ook MAWDSLEY et al (1968) vinden goede korrelaties.

De bevindingen in het thermogram zijn uitermate funktioneel, hetgeen bete-

kent, dat een gestoord faciaal thermogram niet per se gepaard hoeft te gaan met het vinden van afwijkingen in het carotis-arteriogram c.q. in het aortaboogangiogram. Passagère spasmen kunnen anatomisch-röntgenologisch verborgen blijven, maar indien er hierdoor een functionele storing in de bloedvoorziening optreedt, wel aanleiding geven tot een gestoord thermogram. Ook werd invloed van de grootte van de sinus frontales gezien (MAWDSLEY et al. 1968), waardoor er een lagere temperatuur kan zijn ter plaatse van de grootste sinus.



*fig. 37: Koude zône links mediaal supraorbitaal en warme neus.*

*Oorzaak: carotis-arteriografie toonde een grote arterio-veneuze misvorming links intracranieel. (Man, 66 jaar; Rô. 5.10.38).*

Bovendien blijft natuurlijk nog de vraag, of een ongelijk kaliber van de A. carotis communis c.q. interna niet voldoende is om een asymmetrisch warmtepatroon in de kenmerkende gebieden te veroorzaken, niet beantwoord. Zelfs de vraag naar een ongelijk kaliber kan zeer moeilijk te beantwoorden zijn als er sprake is van een onevenredig contrast-aanbod tussen links en rechts.

Resumerend: niet iedere functionele stoornis heeft een duidelijke anatomische basis.

Ons eigen materiaal omvat 242 patienten, te verdelen in 119, bij wie ook angiografisch onderzoek werd verricht en 123, bij wie dit niet geschiedde.

Deze verdeling kwam tot stand op grond van het klinische beeld. De neuro-

loog, tot wie deze patienten zich hadden gewend, bepaalde of dit röntgenonderzoek bij de laatste groep achterwege moest blijven, omdat de algemene toestand van de patient dit vereiste, hetzij omdat door hem geen locale, maar meer gegeneraliseerde afwijkingen werden vermoed. Eveneens bevonden



*fig. 38: Het mediale supra-orbitale gebied heeft beiderzijds dezelfde temperatuur. De neus is warm. Beginnende kollaterale cirkulatie?*

*Het aortaboog angiogram toonde lichte arterio-sclerose van de beide Aa carotides int. (Rö. 19.78.47.).*

zich bij deze 123 patienten enkelen, die wegens een cerebrale haemorrhagie waren opgenomen of met een pyramidaal syndroom en die slechts voor thermographisch onderzoek werden gepresenteerd zowel om de thermographie te „objektiveren” als om een zekere „screening” te verkrijgen met behulp van een de patient niet belastend onderzoek.

In deze „ongecontroleerde” groep werden 58 normale beelden gevonden, 44 pathologische, terwijl bij 21 patienten geen diagnose kon worden afgegeven, bij 13 op grond van de slechte kwaliteit (2 ten gevolge van technische moeilijkheden en 11 ten gevolge van de zeer grote onrust van de patient).

Deze 123 thermogrammen blijven dus voor verdere analyse buiten beschouwing. Misschien is het later mogelijk een waarschijnlijkheidsverwachting uit te spreken op grond van de gegevens van de 119 patienten, bij wie wel een parallel röntgenonderzoek werd verricht.

Een overzicht hiervan toont tabel V.

Tabel V:

Overzicht van 119 thermographisch en angiographisch onderzochte patienten.

thermographie	angiografie		totaal
	+	-	
+	45	9	54
-	2	63	65
	47	72	119

+ : gestoord; niet-normaal

- : ongestoord; normaal.

Van de 54 als gestoord gewaardeerde faciale thermogrammen bleek er röntgenologisch een anatomische basis aantoonbaar te zijn bij 45. De 9 niet bevestigde zijn te splitsen in 4, waarbij géén afwijkingen werden gezien, 2 waarbij röntgenologisch géén voldoende afbeelding van de carotis-bifurcatie werd verkregen, terwijl 1 patient een rechtszijdig gestoord thermogram toonde, maar slechts links een selektieve arteriografie werd verricht, waarbij een ruimte-innemend proces werd gevonden in de linker hemisfeer. De achtste patient in deze groep met röntgenologisch niet bevestigde anatomische afwijkingen vormde een grensgeval, waarbij enkele malen thermographisch onderzoek werd verricht op grond van het niet duidelijk zijn van de beelden, totdat uiteindelijk een min of meer dubieus temperatuursverschil toch als „gestoord” werd gezien. De laatste patient liet géén afwijkingen bij het röntgenonderzoek zien, en zou dus bij de eerste 4 thuis behoren, maar hier werd naast een koude zône in het mediale supra-orbitale gebied een “warme neus” ge-



fig. 39: Ongestoord thermogram, maar „warme” neus.

Röntgenologisch: dubbelzijdige arteriosclerose van de A.carotis communis interna en ingeringe mate ook van de externa (Rö. 6.04.61.).



fig. 40: Koude zône rechts mediaal supra-orbitaal bij „subclavian steal”-syndroom met retrograde A. subclavia dextra vulling (Rö. 2.35.9.).

zien. WALLACE (1968) wijst er op, dat het vinden van dit symptoom duidt op het bestaan c.q. in ontwikkeling komen van een kollaterale circulatie, hetgeen HEERMA VAN VOSS (1969) in zijn materiaal meende te kunnen onderschrijven door te berekenen, dat het vaker vóórkomen van een warme neus bij circulatiestoornissen statistisch significant was.

De groep van 45 met gestoorde warmtebeelden, die door röntgenologisch onderzoek werden bevestigd, toont één geval, waarbij anatomisch-röntgenologisch beiderzijds afwijkingen bleken te bestaan, terwijl thermographisch rechtszijdig een koude zône aanwezig was gecombineerd met een „warme” neus. De verwachting, dat de afwijkingen rechts ernstiger zouden zijn dan links op grond van het thermogram, kon door de röntgenbeelden worden bevestigd.

De juiste diagnose van een circulatiestoornis in het carotisgebied werd in 83 % op grond van het thermographisch onderzoek gesteld, terwijl met zekerheid slechts in 4 van de 54 patiënten ( = 5 % ) van een echt fout-positief thermogram gesproken mag worden. Misschien is het hier echter juister om te spreken van een „niet door anatomisch-röntgenologische afwijkingen bevestigde stoornis” te spreken. De overblijvende 5 gevallen blijven dubieus, daar de röntgenologische gegevens onvoldoende houvast bieden om definitieve uitspraken te doen.

Op basis van deze getallen is de betrouwbaarheid van de methode voldoende te achten, te meer, daar een als „normaal” gewaardeerd thermogram in 97 % van de gevallen ook geen afwijkingen liet zien bij angiografisch onderzoek.

De 65 als ongestoord gewaardeerde thermogrammen vond bij 63 röntgenologisch-anatomisch bevestiging.

Slechts bij twee werd bij angiografisch onderzoek geen normaal vaatstelsel gevonden.

De twee patiënten, bij wie afwijkingen werden gevonden bij arteriografisch onderzoek bij een ongestoord warmtepatroon behoren dus gerekend te worden tot de „foutief-normalen.”

Een patient (Rö. 5.66.68) toonde een dubbelzijdige vaatwandsclerose, hetgeen duidelijk maakt, dat in deze gevallen een links-rechts vergelijking, zoals bij thermographisch onderzoek geschiedt, moet falen, tenzij één zijde meer gestoord is dan de andere. Op dit verschijnsel werd overigens door WOOD (1964) reeds gewezen (fig. 39).

Bij de tweede patient (Rö. 20.50.33) werd tweemaal een faciale thermographie verricht, deels omdat door de grote onrust van deze bewusteloze patient het verkregen thermogram kwalitatief niet optimaal was. Beide malen werd het warmtepatroon als normaal beschouwd. De neus bleek echter warm te zijn,

doch hieraan werd verder geen aandacht besteed. Angiografie van de aorta-boog toonde een vermoedelijk arteriosclerotische plâque in de linker A. carotis communis, die echter zeker geen grotere vernauwing dan ongeveer 25 % gaf.

Het fraaie, ook experimentele onderzoek van Wood (1964, 1965) heeft veel van het verband tussen mate van stroombelemmering in het carotisgebied en het verschijnen van een koude zône supra-orbitaal opgehelderd. Ook de verklaring, die Wood formuleert voor het verschijnsel van een koude zône aan de zijde van de vernauwing ten opzichte van een normale temperatuur aan de kant van de totale afsluiting bij dubbelzijdige aandoening, dient vermeld te worden. Dit te meer, daar nog kort tevoren Heinz et al (1964) dachten, dat de temperatuursverlaging veroorzaakt werd door een verminderde stofwisseling van de ipsilaterale hemisfeer door bloedgebrek.

Alhoewel dit laatste thermogram als normaal dient te worden beschouwd- en dus als „foutief” normaal- krijgt het symptoom van de „warme neus” in dit geval toch wel grotere betekenis. In de experimenten, dat een vernauwing tot  $\pm 50\%$  (Wood, 1965) nodig is om een gestoord warmtepatroon te krijgen, vindt het „neussymptoom” ondersteuning. Een lokalisatie of lateralisatie op grond van dit symptoom is onmogelijk.

Indien wij mogen aannemen, dat de gevonden verhoudingen in de gecontroleerde groep toe te passen zijn op de gegevens van de niet-gecontroleerde, dan zouden wij dus mogen verwachten, dat 97 % van de normale thermogrammen (= 54) geen angiografisch vaststelbare afwijkingen tonen, terwijl van de 44 pathologische er bij 83 % (= 37) waarschijnlijk ook röntgenologisch afwijkingen kunnen worden verwacht.

Uit deze serie en aan de hand van de gegevens uit de literatuur (Wood, 1964, 1965a,b; MAWDSLEY et al., 1968; J. WALLACE, 1967, 1969; S. WALLACE en J. WALLACE, 1968; HEERMA VAN VOSS, 1969<sup>c</sup>) mag gekonkludeerd worden, dat faciale thermographie als „screeningtest” voor circulatoire insufficiëntie in het carotisgebied waardevol is. Een percentage juiste diagnoses van 88 (Wood, 1965a,b), 80 (MAWDSLEY et al, 1968) en 83 voor de afwijkende en 96 voor de normale thermogrammen in onze eigen serie laat dit toe. Niet altijd berust een gestoord faciaal thermogram op afwijkingen van de A. carotis. Enkele malen konden wij een gestoord beeld waarnemen, waarbij de oorzaak van de verminderde circulatie een „subclavian-steal” syndroom was (fig 40).

### *Par. 3. Het thermogram bij cerebrale tumoren.*

Het is logisch dat het gebruik van de thermographie in de diagnostiek van het mammacarcinoom er toe leidt deze methode ook voor intracraniele ruimte-innemende processen te gebruiken.

HEINZ, GOLDBERG en TAVERAS (1964) hebben een ervaring met 15 onderzochte gevallen. Bij 8 van de 13 patienten met supratentoriale afwijkingen vonden zij een gestoord thermogram in de zin van een „hot spot”. Dit gold met name voor de zeer oppervlakkig gelegen meningioma's. Deze achten zij het best toegankelijk voor thermographisch onderzoek. Vooral het feit, dat zij extra-cerebraal zijn gelegen en gevasculariseerd worden door de dura-arterien draagt hiertoe bij, is hun mening.

BOURJAT (1966) is terecht terughoudend wat betreft de mogelijkheden van de thermographie in de tumor cerebri-diagnostiek.

GROS, WACKENHEIM en VROUSOS (1966) spreken de mening uit, dat intracraniele tumoren alleen al vanwege de haargroei ontoegankelijk zijn voor de thermographische benadering.

BACKLUND (1965, 1967) is wat optimistischer in zijn uitlatingen, gebaseerd op een ervaring met 32 (!) patienten, waaronder 7 met een subduraal haematoom. Deze afwijking vindt hij (1965) voor thermographisch onderzoek belangrijker dan tumoren.

GERSHON-COHEN en zijn medewerkers hebben weinig of geen ervaring op dit gebied en in hun publikaties wijden zij hieraan dan ook nauwelijks enige aandacht.

Een wat uitvoeriger mededeling van GOLDBERG, HEINZ en TAVERAS in 1966 geeft nog steeds zeer terughoudend als „voorlopig rapport” de ervaringen weer met een wat groter materiaal. Er komen geen nieuwe gezichtspunten naar voren.

HEERMA VAN VOSS (1969<sup>d</sup>) kon enkele malen thermographisch oppervlakkig paramediaan gelegen meningiomen zichtbaar maken. Bij deze aandoeningen en bij een dusdanige oppervlakkige lokalisatie meent hij mogelijkheden voor thermographische benaderingen te zien.

Het grote probleem bij de intracraniele ruimte-innemende processen is de instabiliteit van een verhoogde circulatie naast een mogelijk wel aanwezig verhoogd metabolisme, ofschoon vele tumoren in het cerebrum uitermate langzaam kunnen groeien. Er zijn vaatrijke tumoren, maar ook vele maligne aandoeningen in de hersenen zijn zeer vaatarm. Bovendien is de haargroei een sterke belemmering voor de infraroodemissie van de huid en het schedeldak een barrière voor het mogelijk directe transport van warmte van een maligniteit naar de daarboven gelegen huid.

Het haar kan uiteraard volledig verwijderd worden, maar de benige schedel niet. Het kaal scheren van patienten, teneinde een weinig belangrijke informatie te verkrijgen, is nauwelijks te overwegen.

Ofschoon de eenvoud van de methode de toepassing van de thermographie bij de diagnostiek van de hersentumoren zou aanmoedigen, zal de ver-

kregen informatie weinig bijdragen. Het al of niet vinden van een gebied met verhoogde temperatuur heeft geen enkele invloed op het al of niet verrichten van angiografisch onderzoek. Zelfs het zoveel betrouwbaardere echo- en cephalografisch en isotopen-onderzoek is niet voldoende voor de diagnostiek van een tumor cerebri.

Onze eigen ervaring bij de diagnostiek van de hersentumor met behulp van de thermographie is uitermate klein. Wij hebben dit bewust niet gedaan op grond van de hierboven genoemde overwegingen. Zoals HEINZ et al. (1964) reeds mededeelden waren de resultaten na het kaal scheren van de patiënten wel verbeterd in vergelijking met de beelden voordien, maar desondanks bleef een aanmerkelijk aantal tumoren thermografisch „stil“.

Dat een tumor cerebri een „hot spot“ kan geven in het thermogram bleek ons uit een tweetal patiënten, die voor thermographie ideaal waren: haargroei afwezig en botdefekt, beiden tengevolge van een jaren tevoren plaats gehad hebbende neurochirurgische ingreep en daarop gevolgde röntgenbestraling. (Rö. 17.90.88 - Rö. 18.26.60)

Op grond van de literatuur en op theoretische overwegingen betreffende het tot stand komen van het huidwarmtebeeld, lijkt een ontwikkeling van de thermographie ten dienste van de diagnostiek van een tumor cerebri niet te verwachten of aan de bevelen, daar pas andere onderzoeksmethoden voldoende zekerheid geven. Zelfs voor „screening“ is thermographie niet betrouwbaar. Bovendien valt het niet te verdedigen iedere patient hiervoor kaal te scheren.

#### Par.4. HET THERMOGRAM BIJ MIGRAINE, TRIGEMINUSNEURALGIE ENZ.

Uiteraard kan de thermographie ook van nut zijn bij die aandoeningen, die berusten op of gepaard gaan met meer centrale circulatie stoornissen, en niet op een lokale verandering in de vaatvoorziening.

Zo laat het zich denken, dat bij een aandoening als de migraine thermografisch afwijkingen gevonden kunnen worden. Ofschoon de pathogenese en de aetiologie niet bekend zijn, is men er in het algemeen wel van overtuigd, dat de afwijking berust op pathofysiologische gebeurtenissen in de arteriele voorziening van het cerebrum. Men onderscheidt een drietal fasen: allereerst het optreden van een kortdurend spasme van de arteriën, gevolgd door een vasodilatatie, vooral van de vaten van het A. carotis externa gebied en tenslotte het optreden van oedeem van de vaatwanden.

De migraine speelt zich af, zoals algemeen wordt aangenomen, op het niveau van de vaten, waarbij het spasme het flimmerscotoom zou veroorzaken en de vasodilatatie de hemicrania.



In hoeverre de thermographie een hulp zal zijn bij de diagnose van de migraine is niet te bepalen, maar vermoedelijk zal dit zeer twijfelachtig zijn. Het is misschien wel mogelijk enig beter inzicht te verkrijgen omtrent het mechanisme van de migraine.

Wij hadden de gelegenheid éénmaal een patient tijdens de acute phase van een migraine thermographisch te onderzoeken. Uiteraard zijn hieruit geen konklusies te trekken.

Er werd een „warme neus” gevonden en een „hot spot” ter plaatse van de linker sinus maxillaris. Dit laatste bleek op een sinusitis te berusten (Causaal verband?). Mogelijk is, dat de warme neus berust op de vasodilatatie en het onderzoek dus in de tweede fase plaats vond.

Bij een trigeminus neuralgie is het mechanisme van de vaatverwijding in het spel, waarbij verhoogde huidtemperatuur en roodheid optreedt in acute gevallen en cyanose en verlaagde huidtemperatuur in de andere gevallen, maar bij beide ook anidrosis (BING, 1945).

Tijdens de acute phase zou dan een verhoogde huidtemperatuur thermographisch vast te stellen zijn, terwijl een genezing de terugkeer van het normale patroon zal veroorzaken. Een persisteren van de aandoening zal thermographisch als een „koude zône” ter plaatse van het korresponderende huidgebied merkbaar zijn.

De enige patiente, (Rö. 20.28.63) bij wie wij in de akute fase van een trigeminusneuralgie rechts een thermographisch onderzoek konden verrichten, toonde het verwachte beeld: de rechter supra orbitaalstreek bleek warmer dan de linker, overeenkomende met de akute neuralgie van de eerste trigeminustak.

De opvallend lage temperatuur van de rechter wang en onderkaak deden in dit geval sterk denken aan een chronische trigeminusneuralgie van de tweede en derde tak. Klinisch kon dit worden bevestigd. Enige konklusie is uit deze incidentele waarneming niet te trekken.

LAWSON (1961) duidde de mogelijkheden van de thermographie voor het vaststellen van vitale en onherstelbaar beschadigde huidgebieden bij verbrandingen en bevrozingen aan. Dit geldt dus ook voor verbrandingen van het gelaat. Ook WILLIAMS (1963, 1964<sup>a,b</sup>) wijst op de informatie, die thermographie over de uitbreiding van de beschadigde huid kan geven in verband met eventuele transplantaties.

CONNELL, MORGAN en ROUSSELOT (1964) menen, dat de thermographie waardevolle informatie kan geven voor de behandeling van brandwonden. Uitvoerige studies verschenen van BRÄNEMARK (1965, 1966, 1967, 1969), die

tesamen met NILSSON experimenteel werk verrichtte, als ook van BUWALDA (1969<sup>b</sup>), CADE (1965<sup>a</sup>, 1968), J.D. WALLACE (1967) en MLADEK, GEORGIADÉ en THORNE (1966).

In het algemeen wijzen al deze schrijvers erop, dat de beschadigde huidgebieden een verlaagde infrarood-emissie zullen hebben. Dit is dan het gevolg van de beschadiging van de bloedvaten. Toch is in zijn algemeenheid deze gedachtengang onvolledig.

Het beschadigen van de oppervlakkige capillairen kan thermographisch onbelangrijk zijn. De vraag is in hoeverre deze aan het warmtetransport wezenlijk bijdragen. Daarnaast is de graad van de verbranding belangrijk.

Een eerstegraads verbranding wordt gekenmerkt door een hyperaemie. Het is denkbaar, dat een thermogram in dit geval dus juist een toegenomen infrarood-emissie zal tonen.

De tweedegraads verbranding toont naast erytheem een vorming van bullae. De „irritatie” van het weefsel (hyperaemie) uit zich in een verhoging van de temperatuur. Een bulla toont verandering van huidstructuur en dus ook van emissiviteit. Bovendien is de oppervlaktekromming veranderd, hetgeen de warmte-afgifte (= afkoeling) vergroot. Beide factoren werken samen om de bulla thermographisch als koud te laten zien (fig 41).



*fig. 41: Klinisch: derdegraads brandwond in het gezicht. Thermographisch: Nog duidelijk infrarood-emissie binnen het verbrande gezicht (graad II-III) (meisje, 9 jaar; Rø. 20.36.81).*

Een verbranding van de derde graad heeft een nekrose als kenmerk. De nekrotische huid toont een veranderde emissie door zowel een wijziging van de emissie-coëfficiënt als ook door dieper gelegen ernstige vaatbeschadiging. Deze gebieden zullen zich thermographisch dus als „koud” kunnen afbeelden.

Het is derhalve zeer goed mogelijk een bijdrage te verwachten van de thermographie bij de differentiatie tussen die gebieden, die waarschijnlijk *niet* en die, die vermoedelijk *wel* zullen regenereren. Dit kan van groot belang zijn in die gevallen, waar tot een primaire huidtransplantatie moet worden besloten. Een goede aansluiting met het gezonde weefsel is belangrijk voor de ingroei van het transplantaat.

Het lijkt echter niet te verwachten, dat met behulp van de thermographie gegevens zullen kunnen worden verkregen over de dieper gelegen vaatvoorziening. Het warmtetransport is door het beschadigd zijn van de daartoe nodige verbindingen onderbroken.

Thermographisch onderzoek van verse brandwonden kan tot tijdwinst in de behandeling leiden. Daarbij kan een combinatie met een infraroodfoto en een gewone foto voordelen bieden.



## HOOFDSTUK V

### HET THERMOGRAPHISCH ONDERZOEK VAN DE EXTREMITETEN.

#### *Par. 1: Het normale thermogram*

Door het werk van MALI (1950) werd de kennis over het temperatuursgemiddelde van bepaalde huidgebieden verbeterd met name wat betreft de spreidingen in de gemiddelden en de variaties tengevolge van verschillen in geslacht en het tijdstip van de meting in een omgevingstemperatuur, die konstant werd gehouden. Het werk van SLUITER en VAN RIJNBEEK (1928) werd hierdoor aangevuld.

VAN DER HORST (1958) onderzocht de reactie van de huidtemperatuur op wisselende omgevingstemperaturen, zowel afkoelend als verwarmend werkend. Naast het belang voor bepaalde dermatologische aandoeningen noemt hij met name de betekenis voor de interne kliniek, de neurologie en de chirurgie van de kennis van deze huidtemperatuursreacties. Als belangrijkste aandoeningen worden door VAN DER HORST vermeld de ziekte van RAYNAUD en vaatziekten tengevolge van afsluiting, geheel of gedeeltelijk, van een bloedvat. Hierbij wijst hij met nadruk op het feit, dat een belangrijke vermindering van de bloedstroom in een extremitet niet gepaard behoeft te gaan met een daling van de huidtemperatuur. Als verklaring voor dit fenomeen voert hij aan, dat in onze gematigde luchtstreken de omgevingstemperatuur (15 à 20° C) van dien aard is, dat er in normale omstandigheden al een vasokonstriktie bestaat in de onderste extremiteiten.

Naast een onderzoek bij normale kamertemperatuur beveelt hij dan ook een onderzoek naar de huidtemperatuur aan bij een verhoogde omgevingstemperatuur om vasodilatatie te verkrijgen. De hierbij optredende centrale vasokonstriktie (BARCROFT et al., 1955) is hem vermoedelijk onbekend.

Als belangrijk voor de neurologie vindt VAN DER HORST het op deze wijze kunnen bepalen van de genezings- c.q. hersteltendens van perifere zenuwstelsels.

WINSLOW, geciteerd bij MALI (1950) toonde aan, dat de warmteverplaatsing in een koude omgeving in de extremiteiten voornamelijk plaats vindt via de bloedvaten. Maar doordat in de oppervlakkige huidlagen zelf tengevolge van een vasokonstriktie de temperatuursgradiënt minder steil is dan normaal overweegt hier het warmtevervoer door konduktie. De onderzoeken van HEN-

SEL hebben aangetoond, dat dit hier de normale wijze van warmtetransport is (1952). De huidtemperatuur van de onderste extremiteiten daalt het snelst, die van de armen middelmatig snel. De temperatuur van de vingers kan zelfs  $10^{\circ}$  boven die van de tenen blijven, zodat de situatie van een huidtemperatuur van  $30^{\circ}$  C van de vingers tesamen met een van  $18^{\circ}$  C van de tenen kan voorkomen bij een omgevingstemperatuur van  $18^{\circ}$  C.

In een warmere omgeving blijft in het distale gedeelte van de onderste extremiteiten een vrij sterke vasokonstriktie bestaan, (zie ook BARCROFT et al., 1955) maar diensgevolge is de huidtemperatuur van de tenen minder stabiel dan van de vingers. Dit wijst erop, dat bij een stijging van de omgevingstemperatuur het warmteverlies door middel van straling en konvektie steeds meer ook via de onderste extremiteiten gaat verlopen, ofschoon dit eerst vooral via de bovenste extremiteiten plaats vindt.

Op grond van bovenstaande gegevens wordt het duidelijk, dat het thermogram van de extremiteiten een direkte afspiegeling is van de circulatie-verhoudingen. Dit geldt in zuiverder mate voor de onderste extremiteiten.

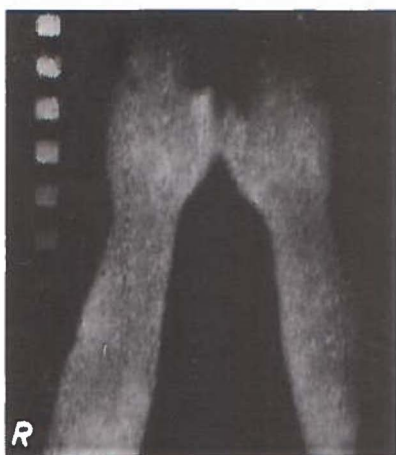


fig. 42: thermogram van „normale” armen.

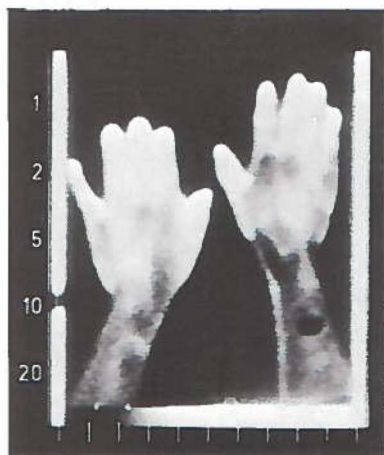


fig. 43: thermogram van „normale” handen.

1): het normale thermographische beeld van de *bovenste extremiteiten* zal een hogere temperatuur van de hand en de vingers laten zien in vergelijking met de onder- en bovenarm (fig. 42 en 43).

Door het oppervlakkige verloop van enkele grote arterien (A. radialis b.v.) en

van enkele grote venen (op het dorsum manus b.v.) is een duidelijk vaatpatroon te zien mede tengevolge van de uitgesproken vasokonstriktie van de kleinere oppervlakkige vaten.

De temperatuur ligt beiderzijds gelijk en een groter verschil dan  $0,5^{\circ}\text{C}$  werd niet waargenomen in een serie van 10 gezonde proefpersonen. Dit komt overeen met de temperatuursymmetrie, die o.a. wordt opgegeven door LAMPERT en EIGEL (1964). Er werd afgezien van een grotere serie „normale proefpersonen” omdat over de huidtemperatuur veel gegevens in de literatuur te vinden zijn. Hiervoor wordt naar hoofdstuk I verwezen.

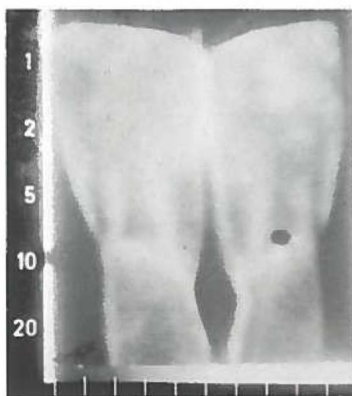


fig. 44: thermogram van „normale” bovenbenen.

2) het normale thermogram van de *onderste extremiteiten* toont in grote lijnen hetzelfde beeld als dat van de bovenste, alleen de gehele temperatuur, vooral in het distale gedeelte, ligt lager, met name van de voeten. Normaliter worden in een gekoelde en gestabiliseerde ruimte de tenen zelfs koud, dus zwart, weergegeven. Ook de knieën zijn gewoonlijk koud. (fig. 44 en 45).

Door de anatomische verhoudingen geven vooral de onderbenen het beste de invloed van de circulatie op de huidtemperatuur weer. Het is dan ook niet absoluut noodzakelijk de bovenbenen ten allen tijde in het thermographisch onderzoek te betrekken, daar naast een min of meer dubbele vaatvoorziening via A. femoralis superficialis en profunda, een uitstekend kollateralennet kan worden opgebouwd via oppervlakkiger liggende vaten, waardoor de huidtemperatuur toch weer hersteld wordt.

Het temperatuurstrajekt van de onderbenen is groter dan dat van de bovenbenen. Hieruit wordt duidelijk dat de plaatselijke invloed van het verloop van de bloedvaten onder de knie van belang is.

Als regel vindt men bij de bovenbenen een totale temperatuursomvang van  $3^{\circ}\text{C}$ ., terwijl die van het onderbeen gewoonlijk 4 à  $5^{\circ}\text{C}$ ., vaak zelfs  $6^{\circ}\text{C}$  is.

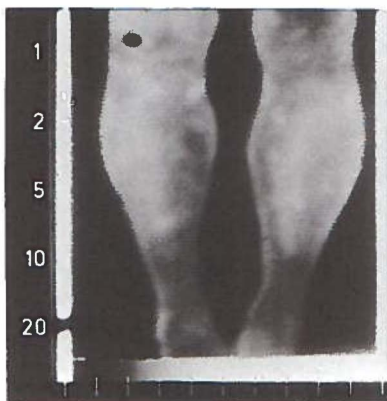


fig. 45: thermogram van „normale” onderbenen.



fig. 46: Linker been (voorzijde) duidelijk kouder. (man, 67 jaar; Rø 10.14.31).

Overigens is het zeer opmerkelijk, dat in de literatuur over het gebruik van de thermographie voor afwijkingen aan de bovenste en onderste extremiteiten, geen onderzoek naar noch vermelding van de normale beelden is te vinden. (ROSENBERG and STEFANIDES, 1964; SKVERSKY et al., 1964; WINSOR and BENDE-



fig. 47: Dezelfde patient als van fig. 46. Ook de dorsale zijde van het linkerbeen toont een verlaagde temperatuur.

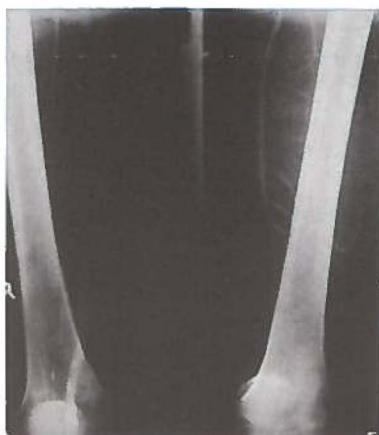


fig. 48: Dezelfde patient. Angiographie toont een stop halverwege de linker Afemoralis superficialis.



zu, 1964; HEERMA VAN VOSS, 1967, 1969<sup>c</sup>; GERSHON-COHEN et al., 1964<sup>a,e</sup>, 1965<sup>a,b,c</sup>, 1967<sup>a</sup>).

Het mag toch eigenlijk wel als volkomen vanzelfsprekend beschouwd worden, dat alvorens pathologische beelden worden besproken, de normale beelden getoond worden.

Het leek ons daarom noodzakelijk in deze paragraaf op de normale beelden in te gaan.

*Par. 2: Het thermogram bij circulatiestoornissen.*

Teneinde de invloed van afwijkingen in de circulatie op de huidtemperatuur te kunnen beoordelen, dient men steeds na te gaan welke anatomische basis de bloedvoorziening in de extremiteiten heeft.

In wezen is zowel de bovenste als de onderste extremiteit te beschouwen als een eindstation van de arteriele bloedvoorziening door het enkelvoudige vaatsysteem, bestaande uit resp. de A. axillaris/A. brachialis en de A. iliaca externa/A. femoralis. Hierin is er een axiaal temperatuursverval. (zie Hoofdstuk I).

Het gevolg is, dat stoornissen in deze bloedvaten direkt gevolgen zullen hebben in het distale gedeelte van de extremiteit, ondanks een kollateralen-net.

In de bovenste extremiteit kan het lichaam beschikken over het rete scapulare en het rete acromiale, indien de stoornis vrij ver proximaal is gezeteld en over het rete cubiti et olecrani, indien er meer distaal een stoornis is opgetreden. Bij vermindering van de circulatie tengevolge van vaatafwijkingen in het gebied van de pols staat het rete carpeum volare resp. dorsale ter beschikking.

In de onderste extremiteiten kan, afhankelijk van de lokalisatie der circulatie-belemmering, het rete arteriosum coxae, het rete articulare genus of nog meer distaal het rete malleolare fibulare et tibiale en de arcus plantae et dorsi naast het rete arteriosum digiti een kollaterale circulatie op gang doen komen.

Maar ondanks een voortreffelijk werkende kollaterale circulatie blijft de hoofdtoeziening, waarop deze kollateralen steeds weer aansluiting moeten geven, zowel in arm als been enkelvoudig.

Door deze bijzondere anatomische structuur, waarbij dus geen aanvullende voorziening kan optreden via anastomosen van de kontra-laterale zijde, krijgt de thermographie de kans circulatoire stoornissen zichtbaar te maken op basis van het veranderde infrarood-emissie-patroon.

De belangrijkste en meest frekwente circulatiestoornissen doen zich voor in de onderste extremiteiten: de arteriosclerotische dysbasia, de ziekte van Buerger en de diabetische circulatiestoornissen zijn veelvuldig voorkomende

aandoeningen, die behandelbaar zijn geworden en waarbij een vroegtijdige herkenning van belang is.

Ook hier laat zich de vraag stellen of de thermographie, als weinig ingrijpende methode en op zeer eenvoudige manier te herhalen, hulp kan bieden bij het „screenen”. Een voorbehoud moet natuurlijk gemaakt worden, want als regel zal slechts een patient met klachten voor onderzoek aangeboden worden. Een massa-onderzoek naar circulatiestoornissen is nog niet aan de orde.

De vraag, die wij ons hebben voorgelegd, is die van de betrouwbaarheid



*fig. 49: 60 jarige vrouw (Rö. 17.25.48.) met een symmetrisch warmtebeeld, beiderzijds is het distale deel van de onderbenen wat smal van patroon.*

*Bij röntgenonderzoek: dubbelzijdige afwijkingen aan de A. femoralis superficialis.*

geweest en van de mogelijkheid omtrent de funktionele verhoudingen geïnformeerd te worden.

a) In ons materiaal van 187 thermogrammen van de *onderste extremiteiten* werd 130 maal een gestoord warmtepatroon gevonden en 55 maal een ongestoord. In 2 gevallen werd een twijfel uitgesproken, het warmtepatroon werd gewaardeerd als dubieus normaal tot dubieus gestoord. (Rö. 13.96.81; 15.40.44).

Van de 130 gestoorde thermogrammen konden 73 gecontroleerd worden aan de hand van een arteriografie en van de 55 ongestoorde 9.

Van de gestoorde bleek bij 70 van de 73 er een afwijking te zijn in het vaatstelsel, die overeenkwam met het gestoorde warmtepatroon (fig. 46, 47, 48). In

3 gevallen kon een afwijking röntgenologisch niet aangetoond worden. In  $\pm 96\%$  werd een gestoord warmtepatroon dus röntgenologisch bevestigd.

De 3 patienten (Rö. 20.60.93; Rö. 18.75.47; Rö. 7.40.79), bij wie wel een gestoord warmtepatroon werd gevonden, maar geen anatomische basis daarvoor, verkeerden vermoedelijk nog in het pre-anatomische stadium, ofschoon één van deze patienten (Rö. 20.60.93) een stoornis in het thermogram uitsluitend in het gebied van de linker voet, welk gebied bij het angiografisch onderzoek niet werd afgebeeld, toonde.

Van de 9 patienten, bij wie een ongestoord warmtepatroon werd gevonden en bij wie een angiografisch onderzoek werd verricht, bleken er 7 geen vaatafwijkingen te hebben, terwijl bij de overige twee dubbelzijdige afwijkingen werden gevonden (Rö. 13.60.59; Rö. 17.25.48). (fig. 49). Dit illustreert duidelijk, dat een gelijkmatig afgenomen zijn van de bloedstroom in de beide onderste extremiteiten een evenredig gelijkmatige afname van de warmte-emissie veroorzaakt. In zulke gevallen moet een onderzoeksmethode, die op een vergelijkend meten van links en rechts is gebaseerd, falen. Vaak echter zal er geen gelijke en gelijkmatige stoornis in de circulatie links en rechts vóórkomen en een verschil in infrarood-emissie zal dan ook waarneembaar zijn. In vele gevallen zal het ook dan mogelijk blijken een gestoord warmtepatroon beiderzijds vast te stellen. De uiteindelijke diagnose zal met behulp van het vaatonderzoek gesteld moeten worden. De thermographie geeft als extra een funktionele informatie.

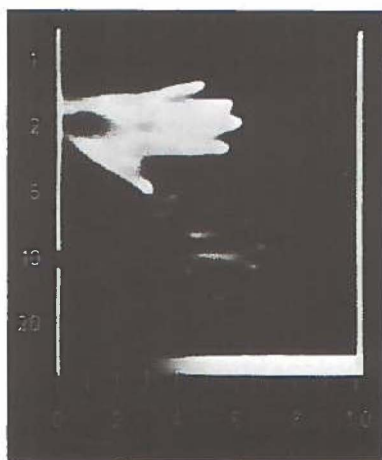
Ofschoon in hoofdstuk VII nader zal worden ingegaan op het gebruik van de thermographie bij de controle op therapie en de bestudering van het effect van medikamenteuze behandeling, is in dit verband te vermelden dat een gestoord warmtepatroon na operatief herstel van de circulatie weer normaal dient te worden.

Van de overblijvende, niet met een angiografisch onderzoek gekorrelleerde thermogrammen (103 in totaal), werden er 46 als normaal gewaardeerd en 57 als gestoord. Ofschoon geen enkel „bewijs” voor de juistheid van deze waardering voorhanden is, laat het resultaat van de gecontroleerde groep in deze gevallen verwachten, dat bij 55 van de 57 gestoorde thermogrammen vaatafwijkingen waarschijnlijk te achten zijn, terwijl in de ongestoorde groep bij 36 geen afwijkingen te verwachten zijn en bij 10 wel, vermoedelijk dan dubbelzijdig. Geen overtuigende waarde mag echter aan deze „berekeningen” worden toegemeten.

b) In totaal werden 32 thermogrammen vervaardigd van de *bovenste extremiteiten c.q. handen*. Bij slechts 4 patienten werd een angiografisch onderzoek verricht: één patient had een gestoord warmtepatroon en bleek een vernauwing te hebben in de A subclavia (Rö. 19.43.08). (fig. 50 en 51). De tweede



fig. 50: Duidelijk gestoord warmtepatroon van de linkerhand, vooral ulnair. (Vrouw, 21 jaar; R. 1943.08.).



De zelfde patiënte. Na heffen van de armen en handen is er een duidelijke temperatuursdaling. Oorzaak: Vernauwing in A subclavia sin.

(Rö. 2.35.19) had een gestoord warmtepatroon rechts, uitsluitend bij boven het hoofd geheven arm (links bleef de temperatuur ongewijzigd), waarbij röntgenologisch een duidelijk „steal-phenomenon” werd waargenomen met een retrograde vulling van de A. vertebralis, en via deze, een vulling na de A. subclavia rechts. De derde patiënt toonde een ongestoord thermogram, hetgeen angiografisch kon worden bevestigd. (Rö. 12.27.37).

Het bestaan van een circulatiestoornis in de A. subclavia kan zich uiten in een gestoord warmtepatroon van thoraxhelft en bovenste extremititeit aan de gelijknamige zijde. (Rö. 13.96.81). (fig. 52).

De diagnose „subclavian steal” syndroom met een gestoord warmtepatroon bij thermographisch onderzoek, werd angiografisch gesteld bij deze vierde patiënt.

Het lijkt waarschijnlijk, dat de thermographie nuttige diensten kan verlenen bij het onderzoek naar een „costo-claviculair syndroom”, daar vaak een duidelijke verandering in het warmtepatroon gezien werd tussen de hangende en de opgeheven arm.

Het vinden van zulk een verandering in het warmtepatroon moet dan aanleiding zijn tot het verder angiografisch exploreren.

De overige 28 thermogrammen gaan dus niet parallel met enig röntgenologisch vaatonderzoek. Het trachten te vinden van een betrouwbaarheidsgraad is onjuist.

Bij 15 patiënten werd een gestoord warmtepatroon gevonden, bij 13 niet.

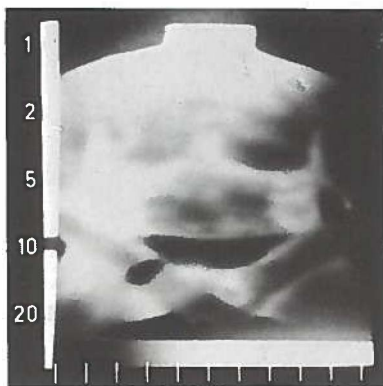
Een nadere analyse is volledig irreëel, maar een wat uitvoeriger bespreking

van enkele gevallen kan mogelijk bijdragen tot een afbakenen van de mogelijkheden in bepaalde gevallen.

In 16 gevallen werd gevraagd naar de aanwezigheid van een Morbus Raynaud. Op grond van hetgeen in de literatuur hierover vermeld wordt (WINSOR en BENDEZU, 1964; HOFFMAN en DIMATTIA, 1964; HEERMA VAN VOSS, 1967, 1969<sup>e</sup>; VAN DER HORST, 1958) manifesteert zich dit syndroom met een verlaagde infrarood-emissie, vooral in het gebied van de vingers en een opvallende temperatuursdaling bij provoceren met koud water, waarbij de overgang tussen koud en normaal vrij scherp begrensd is.

Bovendien blijkt de „wederopwarmingsperiode” aanzienlijk verlengd te zijn. Normaliter is de normale temperatuur in ongeveer 5 minuten weer bereikt, waarbij evenwel meestal een reactieve hyperthermie verschijnt. Na 20 minuten is als regel de oorspronkelijke toestand weer hersteld. Bij de M. Raynaud kan dit wel 45 à 60 minuten of meer bedragen. (VAN DER HORST, 1958).

In slechts 5 gevallen meenden wij deze criteria niet te kunnen konstaten en werd tot een normaal temperatuurspatroon en -gedrag gekonkludeerd (Rö.

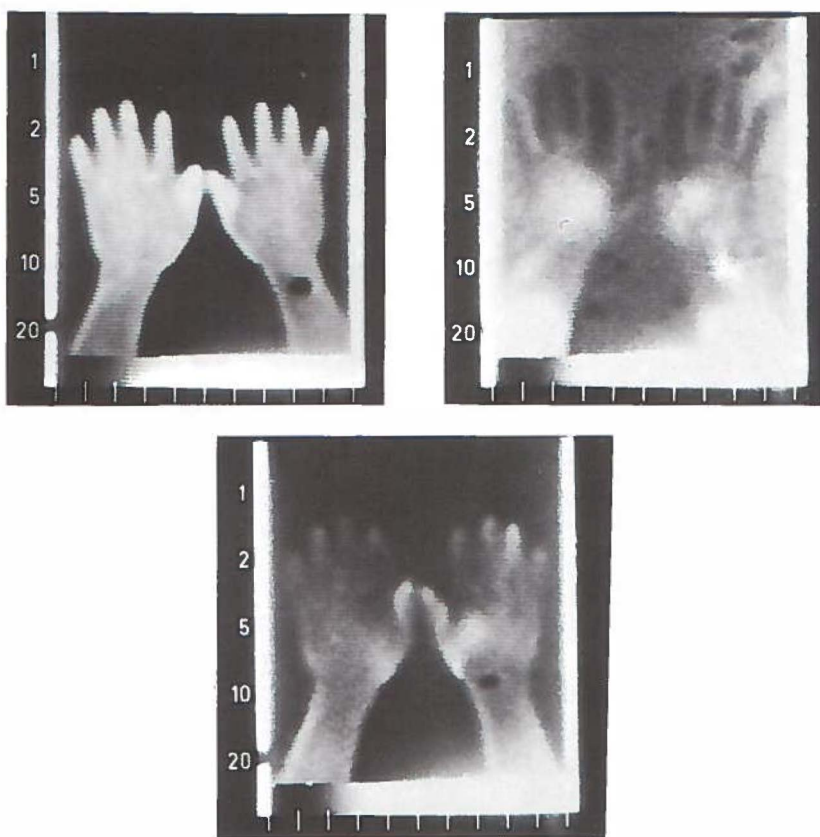


*fig. 52: 60 jarige man (Rö 13.96.81) met krachtsverlies in de linker arm. Thermographisch is de linker thoraxhelft en de linker arm duidelijk kouder dan de rechter.*

*Röntgenologisch: stenose in de A. subclavia sin.*

16.71.49). De overige elf toonden allen in meerdere of mindere mate de boven omschreven kenmerken. (Rö. 19.65.33; fig. 53, 54 en 55).

Het verschil tussen een gestoord vaatpatroon op grond van andere oorzaken dan de bij de M. Raynaud veronderstelde, toonde één patient duidelijk (Rö. 11.71.96). Hier was met name de wederopwarmingsperiode normaal te noemen. Een oorzaak voor dit gestoorde warmtepatroon is uiteraard op grond van het thermographisch onderzoek niet te geven.



*fig. 53, 54 en 55: 24 jarige vrouw met M. Raynaud-achtige klachten. Thermographisch: linker hand kouder dan de rechter. Duidelijke temperatuursdaling na provokatie in koud water. Twintig minuten na de provokatie is er nog een duidelijk te lage temperatuur, hetgeen pathologisch is. Dit funktionele beeld is verdacht voor een M. Raynaud. (Rö. 19.65.33.)*

Het blijft natuurlijk mogelijk, dat een gestoord warmtepatroon niet gesteund wordt door röntgenanatomische bevindingen. Vooral bij M. Raynaud is dit het geval, waar aanvankelijk geen vaatafwijkingen aantoonbaar zijn. De thermographie is een functie-onderzoek. Naast vaatvoorziening speelt de toestand van de warmte-transporterende media een belangrijke rol, de oppervlakkige huidlagen vooral. Indien hier een kwalitatieve, maar ook een kwantitatieve verandering optreedt is de mogelijkheid van een gestoorde infrarood-emissie gegeven.

Een voorbeeld hiervan is b.v. het lymphoedeem. (Rö. 16.84.43; fig. 56). Gezien de hogere temperatuur rechts lijkt het aannemelijk te achten, dat de warmte geleiding ten gevolge van het lymphoedeem en de daarvoor veroorzaakte weefselveranderingen is toegenomen. Mogelijk is dit een gevolg van de grotere vochtrijkdom van het weefsel.

*Par. 3: Het thermogram bij ontstekingen en fracturen.*

Het behoeft, na hetgeen in het voorafgaande is vermeld, geen betoog, dat vooral de ontstekingen, die gepaard gaan met metabole en circulatieveranderingen, geschikt zijn voor thermographisch onderzoek.

De toename van cel-aktiviteit en bloedvoorziening geldt mogelijk in gelijke mate voor genezende fracturen. Dit betekent uiteraard niet, dat door middel van het thermographisch onderzoek of op grond van het thermogram de diagnose gesteld kan worden.

Het is echter van klinisch belang verhoogde aktiviteit te signaleren. In het bijzonder geldt dit ook voor die aandoeningen, waarbij de klinische verschijnselen vaak vooraf gaan aan de röntgenologische, waardoor de diagnose nog onzeker blijft. Ofschoon eerst op grond van de veranderingen in het röntgenogram na enige tijd zekerheid definitief verkregen wordt, kan een tijdswinst in de behandeling op voorhand geboekt worden bij het vinden van aktiviteit in het thermographisch beeld. Het moet theoretisch dus mogelijk geacht worden de gehele behandelingsduur te kunnen bekorten. Het beginnen van een antibiotische behandeling op grond van het thermographische beeld alléén moet als een kunstfout worden aangemerkt.

*3.1 Ontstekingen (fig. 57, 58, 59)*

Enkele aandoeningen, die gepaard gaan met verhoogde warmtegraad en waarbij de subjectieve klachten vaak vooraf gaan aan de objectief waarneembare afwijkingen, zijn de osteomyelitis, de akute arthritis en de chronische in een akute fase, de akute haemarthros en het acuut rheuma.

De toepassing van de thermographie was van het begin af mede op deze aandoeningen gericht.

De hierboven vermelde aandoeningen zijn weinig frekwent voorkomend. Het verzamelen van grotere series in een redelijke tijd is erg moeilijk. Het klinische beeld tesamen met het röntgenologische geeft de diagnose en de thermographie behoort slechts aan te geven of er al dan niet aktiviteit aanwezig is ter plaatse van de afwijking.

Ook wat de ontsteking betreft blijkt duidelijk, dat met het onbepaalde van het warmtepatroon rekening moet worden gehouden. Het is bovendien niet te





fig. 56: 24 jarige vrouw (Rö. 16.84.43.) met lymphoedeem rechts e causa ignota. Thermographisch: het rechter been is ruim  $1^{\circ}\text{C}$  warmer dan het linker.

Röntgenologisch: primair-lymphoedeem-beeld.



fig. 57: Meisje van 8 jaar (Rö. 15.23.19.)

Pijnklachten in linkerbovenbeen en knie.

Klinisch: reumatische arteritis, osteomyelitis. Röntgenologisch: geen duidelijke afwijkingen.

Thermographisch: verhoogde temperatuur linker dijbeen en knie.

Het röntgenonderzoek toonde 14 dagen later een osteomyelitis van het distale femur.

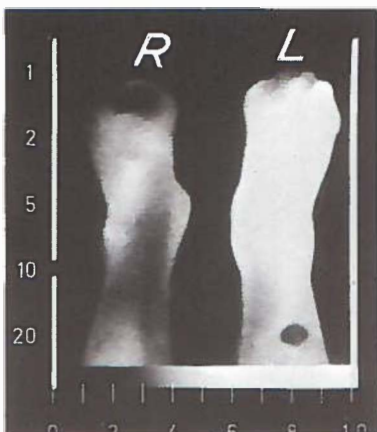


fig.58: Ontstekingsproces linker voorvoet vermoedelijk osteomyelitis. Thermographisch: linker voet te warm, rechter voet normaal, behalve in het gebied der tenen. Beginnend gangraen? (man, 52 jaar met diabetes mellitus; Rö 5.85.46).

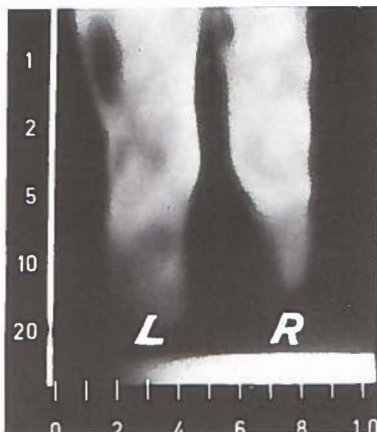


fig. 59: Purulente gonitis rechts. Thermographisch: knie duidelijk warm, evenals het distale gebied van het bovenbeen en het proximale gedeelte van het onderbeen. In de loop van 3 maanden behandeling keerde een normaal temperatuurspatroon terug (jongen, 13 jaar; Rö 7.84.18).



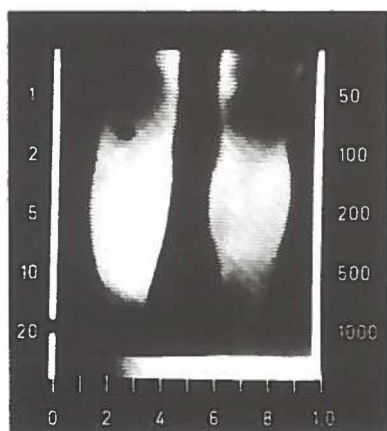


fig. 61: Vier maanden oude fractuur: callusvorming röntgenologisch sinds enige tijd stationair. Thermographisch nog duidelijk warm.

Twee maanden later röntgenologisch volledige consolidatie (vrouw, 66 jaar; RÖ. 9.80.03).

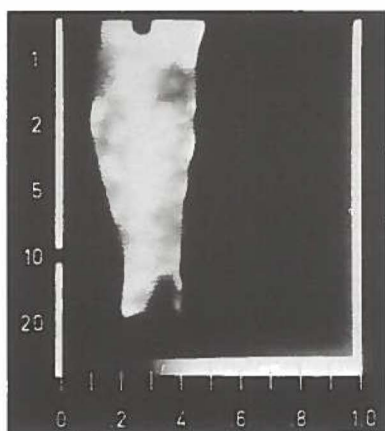


fig. 60: Slecht konsoliderende fractuur van het linker onderbeen. Ter plaatse van de fractuur nog duidelijk temperatuursverhoging. Fractuurgenezing vermoedelijk nog niet ten einde (man, 33 jaar; RÖ. 8.85.14).

verwaarlozen, dat ook de toestand van het tussen huid en bot c.q. ontstekingsproces gelegen weefsel van grote invloed kan zijn.

Hier speelt het aanvullende karakter van de thermographie een dusdanige rol, dat alleen tesamen met kliniek en röntgenologisch onderzoek tot een diagnose gekomen wordt.

### 3.2 Callusvorming (fig. 60,61).

De orthopaed en de chirurg willen vaak gaarne een antwoord hebben op de vraag naar het stadium van de fractuurgenezing. Röntgenologisch is de aanwezigheid van callus waarneembaar, maar de mate van callusvorming is vaak moeilijk vast te stellen. Zolang er echter actieve callusvorming is zullen vermoedelijk zowel de circulatie vermeerderd als het metabolisme verhoogd zijn. Het is dus mogelijk dat de temperatuur aan het lichaamsoppervlak boven de fractuurplaats verhoogd zal zijn.

ALBERT, FLICKMAN en KALLISH hebben gewezen op de te verwachten hyperthermie ter plaatse van een genezende fractuur (1964), evenals CONNELL et al. (1964), GERSHON-COHEN et al. (1965a,b,c, 1967a,d), en AARTS (1966a, 1967).

Het is echter niet ondenkbaar, dat de callusvorming en het thermographisch beeld beide in zekere mate afhankelijk zullen zijn van het al of niet aanwezig zijn van een haematoom en de grootte daarvan. Een haematoom kan thermo-

graphisch inactief zijn, terwijl de door het haematoom uitgeoefende druk veroorzaakte verminderde doorbloeding ook een remming van de callusvorming kan geven. Anderzijds is een haematoom nodig voor het in gang zetten van de fraktuurgenezing.

Chronologisch gezien lijkt het dus niet onmogelijk, dat een verse fractuur thermographisch koud zal zijn en dat langzamerhand, naar mate er resorptie optreedt, de vermeerderde doorbloeding en de gestegen stofwisseling het warmtepatroon zullen gaan beïnvloeden en dat daardoor pas de „hot spot” zichtbaar wordt. Hieruit volgt dan dat het niet vinden van een verhoogde temperatuur ter plaatse van een vrij recente fractuur, nog geen aanwijzing behoeft te zijn voor geen of onvoldoende genezing.

Omgekeerd zou gekonkludeerd mogen worden uit het vinden van een verhoogde temperatuur aan het huidoppervlak ter plaatse van een bekende fractuur tot de aanwezigheid van een actief proces, i.c. callusvorming.

Indien de konsolidatie is beëindigd zal deze verhoogde activiteit ophouden en de temperatuur van de huid ter plaatse van de „oude” fractuur zal niet meer duidelijk verschillend zijn van die op de symmetrische plaats kontra-lateraal of van de omgeving. Bij het bestaan van een röntgenologisch niet aantoonbare konsolidatie van de fraktuurstukken zou bij het vinden van een „hot spot” ter plaatse, activiteit aanwezig geacht mogen worden en daaruit voortvloeiend, dat het proces der fraktuurgenezing weliswaar vertraagd is, maar nog niet tot een (ontijdige) stilstand gekomen.

Indien echter geen verhoogde temperatuur meer wordt gevonden — en zeker indien dit voordien wel aanwezig was — terwijl er röntgenologisch duidelijk géén konsolidatie is — mag daarentegen het beëindigd zijn van het genezingsproces overwogen worden en de aanwezigheid van een pseudarthrose gesuggereerd.

Het is in deze gevallen dus mogelijk, dat de thermographie als aanvullend op het röntgenonderzoek haar plaats kan vinden. Een goed opgezet onderzoek zal echter nodig zijn, voordat een oordeel uitgesproken kan worden.

#### *Par. 4: Het thermogram bij maligne aandoeningen*

Thermographisch zijn de ontstekingen niet af te grenzen van de maligne aandoeningen.

Het mechanisme, dat tot verhoging van de temperatuur leidt, is niet te definiëren op grond van het warmtepatroon, zoals in het voorgaande reeds meermalen werd benadrukt. Het vinden van een „hot spot” zal dus gekorreleerd moeten worden met de gegevens van het klinisch en röntgenologisch onderzoek, eventueel — en meestal — aan te vullen met de gegevens van het laboratoriumonderzoek. Het thermogram zal alleen informatie kunnen geven over het al of niet aanwezig zijn van een actief proces.

In een vroeg stadium kan het thermographisch onderzoek bijdragen tot het opbouwen van de diagnose. Vooral ook recidieven en metastaseringen kunnen op grond van het veranderde warmtepatroon thermographisch opgespoord worden (fig. 62, 63).

Belangrijk is evenwel ook het afgrenzen ten opzichte van het normale weefsel. Immers de uitbreiding van het maligne proces kan vaak moeilijk of niet op een exakte manier vastgesteld worden op de gewone wijze. Het vinden van activiteit buiten het gebied van de röntgenologisch waargenomen afwijkingen dient als zeer verdacht voor verdere uitbreiding van de maligniteit te worden beschouwd. (BRASFIELD et al., 1964, 1965; BARNES, 1963<sup>a,c</sup>, 1964<sup>a,b</sup>; BRANEMARK, 1965, 1966, 1967; AARTS, 1967, 1969<sup>b</sup>; FARRELL et al., 1968; GERSHON-COHEN, 1964, 1965<sup>a,b,c</sup>, 1967<sup>a</sup>; GROS et al., 1966<sup>a,b</sup>, 1967<sup>a</sup>; FISCHGOLD, 1966; BOURJAT, 1966; HEERMA VAN VOSS, 1967). Het thermographische beeld kan dan ook van belang worden geacht bij het bepalen van de therapie

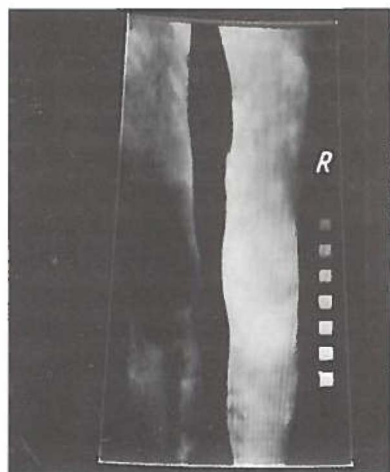


fig. 62: Tien weken pijn in rechter knie na trauma. Röntgenologisch: osteosarcoma tibiae.

thermographisch: uitgestrekt warm gebied, vooral distaal, maar ook proximaal van de rechter knie (man, 20 jaar; Rø. 19.1582.)

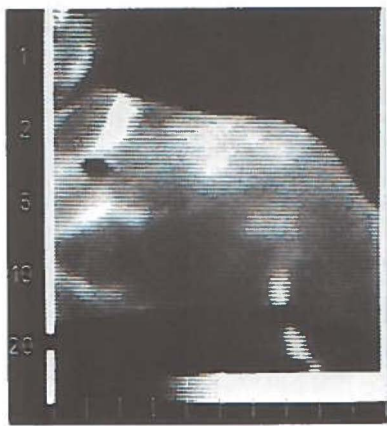
Par. 5: Het thermogram bij verbrandingen en bevrozingen

### 5.1 Verbrandingen

De theoretische achtergrond van het gebruiken van de thermographie bij het onderzoek van brandwonden werd reeds bij de brandwonden van het gezicht uiteengezet (blz. 67). Het is niet noodzakelijk hier ter plaatse op terug te komen. De gedachtengang is dezelfde. Ook bij verbrandingen van de extre-



fig. 63: De verhoogde temperatuur ter plaatse van de linker schouder wordt veroorzaakt door metastasen van een



mamacarcinoom in de in de cavitas glenoidalis (vrouw, 34 jaar; R<sub>ö</sub>. 19.28.18).

miten en speciaal bij die van de handen, speelt het voldoende informatie verkrijgen in een zo vroeg mogelijk stadium in verband met de noodzakelijke therapie een belangrijke rol.

Het verrichten van een primaire transplantatie ter vervanging van de niet



fig. 64 en 65: Brandwond van de linkerhandrug met thermographisch centraal wat minder infra-roodemissie. Pri-



maire huidtransplantatie had een voorspoedige genezing tot gevolg (man, 31 jaar; R<sub>ö</sub>. 12.20.73.)

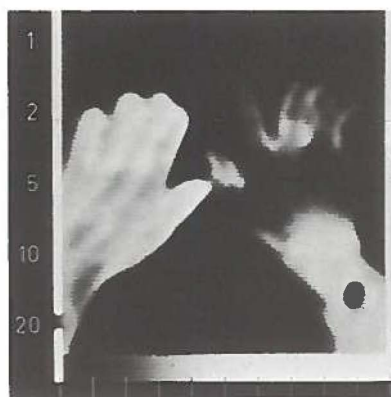
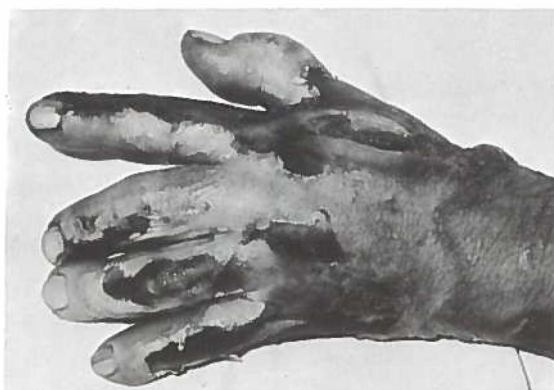


fig. 66, 67 en 68: Ernstige verbranding linker hand. Slechts enkele gebieden tonen nog enige infrarood-emissie.

Normale foto geeft een minder ernstige indruk dan de kleurenfoto. De thermographische „koude” gebieden ble-

ken tijdens de behandeling nauwelijks tot dekking te brengen met huidtransplantaten. Ruim zes maanden na de verbranding nog steeds huiddefecten op de handrug (man, 57 jaar; Rô. 20.33.71).

meer regenererende huid kan een belangrijke invloed hebben op het uiteindelijk herstel van de functie.

Een enkel voorbeeld moge volstaan ter illustratie (fig. 64 en 65) van een met primaire huidtransplantatie voorspoedig genezen brandwond.

Bij een ernstige brandwond van de derde (tot vierde) graad verkreeg men via het thermogram een aanvullende informatie omtrent de uitgebreidheid, die onvoldoende beoordeelbaar was uit de gewone foto's (fig. 66, 67 en 68).

In die gevallen, waarbij niet tot primaire transplantatie wordt besloten zal het thermogram nader kunnen inlichten op funktionele basis, hetgeen een visuele informatie, hetzij direkt, hetzij via een foto, niet kan verschaffen. Uiteraard zal de tijd eenzelfde informatie verstrekken, als blijkt, dat bepaalde gebieden niet of slecht genezen.

## 5.2 Bevriezingen.

In onze streken komen ernstige bevriezingen nauwelijks voor en dientengevolge hebben wij dan ook geen ervaring hierover kunnen verkrijgen.

Gezien echter, dat ook hier de afwijking gekenmerkt is door weefselbeschadiging, al of niet gepaard gaande met verlies van regeneratievermogen, lijkt het aannemelijk thermographisch dezelfde beelden te verwachten als bij de verbrandingen.

LAWSON, WLADEK en WEBSTER (1961) en BRÅNEMARK (1967) rapporteren in deze zin.

### *Par. 6: Incidentele waarnemingen.*

Het blijkt vaak moeilijk de aseptische botnekroses, waarvan de diagnose klinisch vermoed wordt, in het beginstadium röntgenologisch te bevestigen.

De zo oppervlakkig gelegen aandoening als de aseptische nekrose van de kern van de tuberositas tibiae — de ziekte van Osgood-Schlatter — biedt een zeer speciale mogelijkheid voor thermographisch onderzoek.

Het aetiologisch moment is niet bekend — velen achten een traumatische genese het meest waarschijnlijk (SHANKS en KERLEY, 1959\*, GARRE et al., 1944\*\*) — maar ook de pathogenese vormt nog een probleem. Behoudens pijn en zwelling ter plaatse van de tuberositas tibiae ontbreken eigenlijk de verschijnselen vaneen ontsteking.

Of de klinische omschrijving „aseptische nekrose” juist is te achten, is problematisch, maar deze omschrijving doet eerder een verminderde aktiviteit ter

\*) SHANKS en KERLEY: A textbook of X-ray diagnosis, 1959, Vol IV pp 382-383

\*) GARRE, BORCHARD, STICH, BAUER: Lehrbuch der Chirurgie, 13 Aufl. 1944, p 88.

plaatse verwachten dan een actief proces. Dientengevolge zou het niet verwonderlijk zijn als een verlaagde temperatuur gevonden zou worden.

Thermographisch onderzoek van acht patienten, bij wie de diagnose, hetzij tegelijkertijd, hetzij enige tijd later, op het karakteristieke röntgenbeeld kon worden bevestigd, toonden evenwel een duidelijk verhoogde temperatuur ter plaatse van de aandoening (fig. 69.: R $\ddot{o}$ . 19.67.34).

Een verklaring hiervoor kan langs twee wegen gedacht worden: óf er is hier toch een ontsteking in het spel, óf de nekrose van de kern brengt een toename van de bloedvoorziening met zich mee. Het vinden van deze verhoogde temperatuur behoeft echter in het geheel niet in tegenspraak geacht te worden met een eventuele traumatische genese („callusvorming“?).

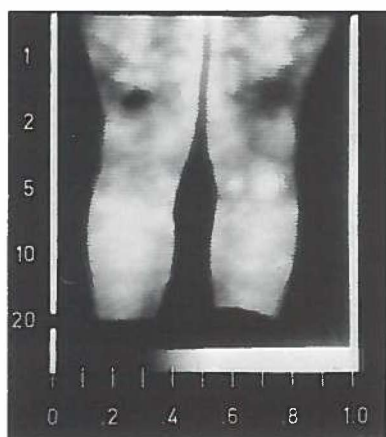


fig. 69: De „hot-spot“ ter plaatse van de tuberositas tibiae blijkt te berusten op een „Osgood-Schlatter“ (meisje, 11 jaar; R $\ddot{o}$ . 19.67.34).

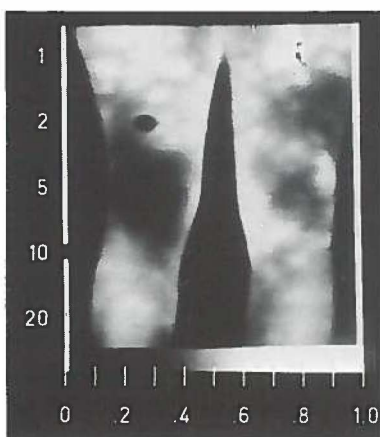


fig. 70: Haemophilie met recidiverende gewrichtsbloedingen. Kort na het optreden van een verergering van de pijn in de rechter knie was er thermographisch een verhoogde temperatuur. Röntgenologisch is er ernstige botdestructie (man, 31 jaar; R $\ddot{o}$ . 2.51.37).

Het thermographisch onderzoek van de patienten met een ziekte van Osgood-Schlatter liet in alle gevallen een „hot spot“, dus een verhoogde temperatuur, ter plaatse van de tuberositas tibiae zien. Er was geen uitgebreid warm gebied. Dit laatste werd wel gezien bij ernstige aandoeningen van de knie als een akute arthritis. De mogelijkheid lijkt ons aanwezig thermographisch tussen deze aandoeningen te differentiëren op grond van de uitgebreidheid van de verhoogde temperatuur.

Een andere waarneming betrof de haemarthros recidivans bij een hemofilie-patient. Bij een verse bloeding kan men verwachten, dat er een verhoging van de temperatuur zal optreden deels door de resorptiewarmte, maar deels



ook door het organiseringsproces van deze bloeding, waarbij de vaatvoorziening tijdelijk zal toenemen. Een overschot aan energie bij de afbraak van weefsel (i.c. bloed) zal in de vorm van warmte verdwijnen (LIPMANN 1946). Bij een chronische toestand, d.w.z. indien géén verse bloeding aanwezig is, zal het hemofilitisch gewricht óf een lagere temperatuur tonen, óf een normale. De verlaging van de temperatuur zou verklaard kunnen worden door de weefseldestruktie.

Slechts twee patienten konden wij observeren, beiden in een stadium met recente bloeding, bij wie thermographisch een duidelijke temperatuursverhoging ter plaatse werd gevonden. Een vervolgonderzoek liet zien, dat min of meer parallel met het afnemen der klachten een normaal beeld terugkeerde (fig. 70, Rø. 2.51.37).

Een zeer zeldzame aandoening van de voet is een schimmelinfectie, bekend als de „Madura-Foot“. Een patient, bij wie deze diagnose op het histologische beeld gesteld kon worden, werd enige malen in de loop van het -nog niet tot genezing gekomen proces thermographisch onderzocht. Er werd een „hot-spot“ gevonden. Bij het allereerste onderzoek, toen de diagnose dus nog niet gesteld was, heeft het vinden van een verhoogde temperatuur bijgedragen tot het verrichten van verder onderzoek. Röntgenologisch konden nauwelijks botafwijkingen worden aangetoond. In het verloop van het proces zijn de afwijkingen zeer duidelijk geworden (fig. 71 en 72).

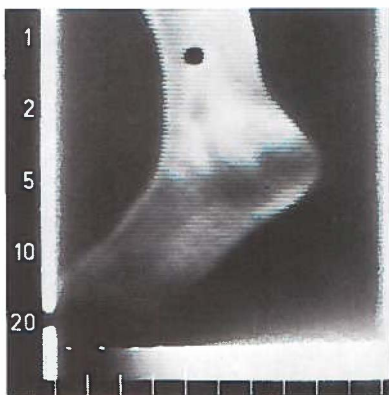


fig. 71: Pijn in de linker voet. Thermographisch verhoogde temperatuur ter plaatse van de calcaneus. Oorzaak? (man, 38 jaar; Rø. 7.05.29).

Deze enkele geïsoleerde waarnemingen worden alleen vermeld. Noch op grond van deze gevallen, noch op basis van de literatuur is enige bespreking gerechtvaardigd. Ook in de literatuur komen slechts incidentele observaties hierover voor.





*fig. 72: Dezelfde patient als van fig. 71. Röntgen-onderzoek ongeveer 6 weken later: Multipele ophelderingen in de lin-*

*ker calcaneus, sommige met wat verdichte rand en een multiloculaire bouw tonend (planigraphische snede).*

Door toevallige omstandigheden worden reumapatiënten elders onderzocht en behandeld. Daardoor was het ons niet mogelijk in onze studie de reumatoïde arthritis op te nemen.

Gaarne hadden wij getracht een antwoord te verkrijgen op de vraag of thermographisch is te differentiëren tussen reumatoïde arthritis en arthrosis enerzijds en tussen akute fase en chronisch stadium van de reumatoïde arthritis anderzijds. De publikaties van Boas (1964) en Cosh en Ring (1967) geven hierop geen antwoord. Een preliminaire studie van HATERMAN, EHRLICH en LERCUSON (1968) geeft een aanuiding, dat de mate van ontsteking bij verschillende reumatoïde aandoeningen met behulp van de thermographie is te kwantificeren. Dit wijst dus wel op de mogelijkheid, dat tussen akute fase en chronisch stadium zou zijn te differentiëren, evenals tussen reumatoïde arthritis en arthrosis. Dit is zeker van belang, daar bij voortgezet onderzoek tijdens de behandeling, ook een afname van deze verschijnselen in maat en getal is uit te drukken. Het effect van de therapie kan zodoende ook worden gekwantificeerd.

Een belangrijke vraag blijft echter ook in de literatuur nog steeds onbeantwoord. Dit betreft het al of niet veroorzaakt worden van de pijnklachten door een ontstekingsfaktor bij een arthrosis deformans, waarbij röntgenologisch nog geen of slechts geringe botveranderingen zijn opgetreden.

Wij kunnen ons voorstellen, dat thermographische informatie voor de behandeling van reumatische ziekten belangrijk kan zijn.

Ofschoon definitieve uitspraken nog voorbarig genoemd moeten worden, is uit ons materiaal het volgende duidelijk:

- a. het zichtbaar maken van de funktionele gevolgen van circulatiestoornissen in de extremiteiten is een duidelijke indicatie voor de thermographie.
- b. de objektieve beoordeling van de effecten van vasodilatatoire therapie is op eenvoudige wijze te bereiken met een thermographisch onderzoek (zie ook Hoofdstuk VIII).
- c. de beoordeling van het gevolg van chirurgische therapie op de circulatie is thermographisch zeer eenvoudig (zie ook Hoofdstuk VIII).
- d. thermographie kan nuttige aanvullende gegevens leveren bij maligne afwijkingen, ontstekingen en genezende frakturen.
- e. belangrijke, nagenoeg onmisbare gegevens omtrent de weefselbeschadiging in het gebied van verbrandingen en bevroezingen levert het thermogram eveneens.
- f. thermographie kan angiographie niet vervangen, alleen completeren.
- g. thermographie kan als „screening-methode” dienst doen.
- h. grotere series, ook met a-selekte groepen patienten, zijn nodig voor definitieve uitspraken.
- i. een systematisch onderzoek van patienten met rheumatoïde arthritis en arthrosis is nodig, maar de mogelijkheden van de thermographie lijken groot.

## HOOFDSTUK VI

### HET THERMOGRAPHISCH ONDERZOEK VAN DE ROMP (MET UITSLUITING VAN DE MAMMA).

#### *Par. 1: Het normale thermogram.*

Om praktische redenen laat de romp zich in grote lijnen verdelen in het gebied van de hals, de thorax, het abdomen en de rug. Een bespreking van het normale thermogram geschiedt dan ook het beste aan de hand van deze indeling.

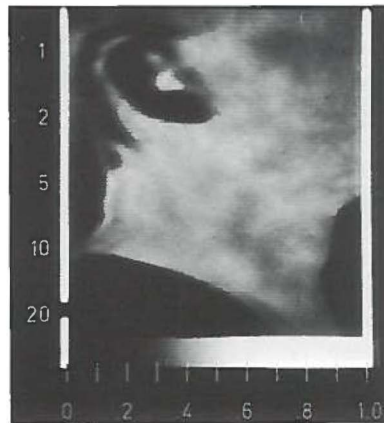
#### *1.1 De hals.*

De hals en face geeft een ander thermographisch beeld dan en profile.

Het voor-achterwaartse thermogram wordt gekenmerkt door een grote symmetrie. Als duidelijke afgrenzing komen naar voren de koude kin aan de craniale zijde en de koudere huidgebieden boven de claviculae.



*fig. 73: Thermogram van „normale” hals in a.p.projektie. De „koude” adamsappel is duidelijk te zien, evenals de schuin naar boven en lateraal verlopende „warme” zones (Rö. 18.85.47).*



*fig. 74: Thermogram „normale” hals, rechts zijdelings. Duidelijk is het verloop van de M. sternocleidomastoideus te volgen (Rö. 18.85.47).*

Normaal zijn de gebieden van de fossa jugularis, de fossae supraclaviculares en het mediane gebied relatief warm. Dit gebied verbreedt zich driehoekig naar craniaal, begrensd door de schuin van lateraal boven naar mediaal onder



fig. 75: Thermogram „normale” hals, links zijdelings. (Een verschil in helderheid doet de linkerzijde van de hals „kouder” lijken dan de rechter) (Rö. 18.85.47).

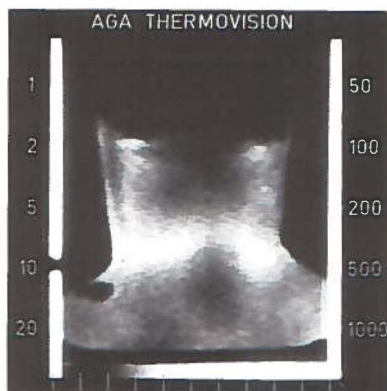


fig. 76: Thermographisch beeld van een „normale” nek (Rö. 21.45.97).

verlopende relatief koudere zônes boven de Mm. sternocleidomastoidei. In het bovenste deel, nagenoeg mediaan gelegen, tekent zich meestal een relatief kouder gebied af - vooral bij mannen-, overeenkomend met de cartilago thyreoidea („Pomum Adami”).

De warme gebieden komen goed overeen met het verloop der vaten, enerzijds die naar de glandula thyreoidea en anderzijds, aan de mediane zijde van de M. sternocleidomastoideus in het bovenste gedeelte, de A. carotis. Toch kan niet gezegd worden, dat voornamelijk de halsslagader het warmtepatroon bepaalt. Een uitgebreid vaatnet in de hals draagt veel meer hiertoe bij (fig. 73; Rö 18.85.47).

Het thermogram van de zijdelingse hals (fig. 74 en 75) toont een scherpe grens tussen behaard en onbehaard hoofd, waarbij het haar koud is. Ook de wang is koud, evenals de kinpunt. De rand van de onderkaak en het gebied van het oor zijn eveneens kouder, maar onder de onderkaakrand loopt een bandvormige warmere zône van boven-achter naar voor-onder. Deze zône wordt ongeveer halverwege de hals gekruisd door een vertikaal verlopende vena jugularis externa. Het totale temperatuurstrajekt omvat normaliter 2 à 3° C. Er kunnen tussen links en rechts geringe verschillen bestaan, doch deze blijven binnen de orde van grootte van 0.5° C - 1.0° C. De voornaamste variatie wordt aangetroffen boven de vena jugularis externa, die door zijn oppervlakkig verloop grote invloed kan uitoefenen op het warmtepatroon.

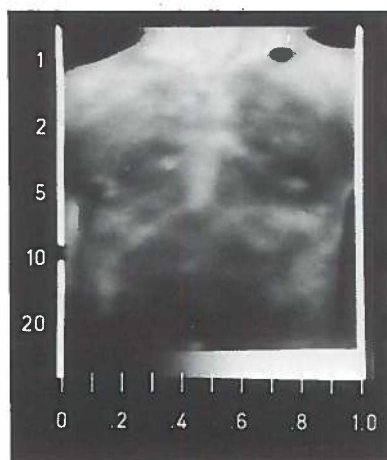
Het gebied van de nek is zeer moeilijk toegankelijk door de haargroei. Om een goed beeld te verkrijgen is het kaalscheren van dit gebied noodzakelijk, hetgeen niet alleen bij vrouwen grote bezwaren heeft.

Het als normaal te beschouwen beeld (fig. 76; R $\ddot{o}$  14.11.69) toont een symmetrie van het patroon, waarbij de zijdelingse gebieden wat kouder zijn dan de mediaanlijn, terwijl even boven de schouders deze warme mediane z $\ddot{o}$ ne wordt onderbroken door een relatief iets kouder punt, dat waarschijnlijk overeenkomt met de processus spinosus van C VII.

### 1.2 De thorax.

In hoofdstuk III is uitvoerig ingegaan op het thermographisch beeld van de mammae. Buiten dit gebied heeft de thorax duidelijk een eigen warmtepatroon, dat het beste bij mannelijke proefpersonen is te bestuderen (fig. 77. R $\ddot{o}$ . 1.29.61).

Het als normaal te beschouwen warmtepatroon van de thorax toont een duidelijk warmere z $\ddot{o}$ ne in de mediaanlijn, waaraan naar lateraal toe zich wat onregelmatige koudere gebieden aansluiten. Het gebied van de onderste ribbenboog is als regel een wat warmere naar boven convex verlopende figuur.



*fig. 77: Thermogram van een „normale” thorax; de mediaanlijn is duidelijk warm, evenals de fossae supra- en infra-claviculares (R $\ddot{o}$ . 1.29.61).*

Het gebied van de fossa supra- en infra-clavicularis is duidelijk warm en hier wordt een even sterke infrarood-straling gemeten als in de mediaanlijn. De temperatuur rond de mamilla ligt als regel wat hoger, maar het niveau blijft duidelijk onder dat van de fossa supra- en infra-clavicularis. De invloed van „cross-radiation” is in deze laatste gebieden duidelijk, evenals boven het ster-

num. De belangrijkste bijdrage aan het warmtepatroon wordt geleverd door de intercostaalarteriën uit de A. thoracica interna, maar bovendien ook door de bloedvaten, die de thoraxwand verzorgen.

### 1.3 Het abdomen

Het normale emissiepatroon van het abdomen wordt gekenmerkt door een centraal gelegen warm gebied rondom de navel („cross-radiation”). In het centrum van dit warme gebied bevindt zich soms een relatief kouder, hetgeen overeenkomt met de navel zelf. Vaak wordt dit warme gebied foutief geïnterpreteerd als veroorzaakt door de placenta bij een graviditeit (fig. 78: Rö 19.11.65).

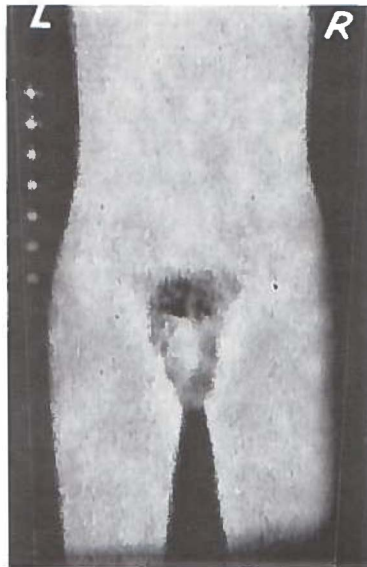


fig. 78: Het thermogram van een „normaal” abdomen (Rö. 19.11.65).

Aan de bovenzijde is het gebied van de rechter bovenbuik warmer, terwijl links in de bovenbuik geheel lateraal soms een relatief wat hogere temperatuur wordt gezien. Het eerst genoemde warme gebied zou overeen komen met de lever; het laatst genoemde kan op de milt berusten.

Aan de onderzijde vindt het abdomen een duidelijke afgrenzing in twee warme zônes, die van lateraal boven naar mediaal onder verlopen en berusten op de liesplooien.

Het gebied van de pubis is door de beharing koud, doch de binnenzijde van het begin der dijben is wederom warm. De penis is warm.

Vaak wordt tussen het warme gebied van de navel en het koude van de pubisbehaaring een naar craniaal concaaf halve-maanvormig warmtegebied - dwars over de buik verlopend - gezien. Dit berust op een huidplooi, die bij enige adipositas zelden ontbreekt.

De overige buikhuid toont een relatief gelijkmatige temperatuursverdeling met een enigszins vlekkelig karakter, waarbij soms in het epigastrium een streepvormige warme zône de mediaanlijn markeert, wederom „cross-radiation”.

Moss (1964) gaf een zeer summiere beschrijving van het normale abdominale thermogram.

De bijdragen aan het warmtepatroon van de buikhuid komen bijna uitsluitend van de bloedvoorziening van de buikspieren en de warmteontwikkeling in deze spieren. De buikinhoud als zodanig heeft door de isolatie tegenover de buikhuid nauwelijks invloed, misschien met uitzondering van de lever.

#### *1.4 De rug.*

Het thermogram van de normale rug toont een duidelijke markering van de wervelkolom in de mediaanlijn als een relatief warmer gebied. Dit warmtepatroon is vrij scherp zijdelings begrensd met een gegolfd verlopende grenslijn. De mediane warme zône houdt op ter hoogte van het sacrum en gaat over in een iets kouder gebied, dat links zowel als rechts naar lateraal in een wat warmer patroon van beperkte omvang overgaat. Deze koudere zône representeert het sacrum waar de huid direct op het bot ligt, de warme gebieden liggen ter plaatse van de sacro-iliacale gewrichten. Meer caudaal treft men dan in de mediaanlijn wederom een duidelijk warm gebied aan, berustend op de bilnaad. (fig. 79 en 80 Rô. 13.03.29)

De laterale gebieden van de rug zijn relatief kouder en hebben een wat vlekkelig aspect, terwijl er géén duidelijke verbinding behoeft te zijn tussen de centrale warme zône en de warme gebieden boven de sacro-iliacale gewrichten.

Omtrent het normale warmtebeeld van de romp is in de literatuur slechts weinig te vinden. In geen der als „overzicht” gepubliceerde artikelen (BOURJAT, 1966; GERSHON-COHEN et al., 1964<sup>a</sup>, 1965<sup>a,b,c</sup>, 1967<sup>a,d</sup>; CADE, 1968; WILLIAMS, 1960, 1963, 1964<sup>a,b</sup>, 1965; e.a.m.) wordt het normale beeld vermeld. EDEIKEN, WALLACE, CURLEY en LEE (1968) zijn de enigen, die een overzicht van het normale beeld van de rug geven alvorens over het pathologische te spreken. Zij trachten tevens het beeld te verklaren. Opvallend is, dat HEINZ et al. (1964) slechts een summiere aanduiding geven van het thermographische beeld van de rug, terwijl met name zijn descriptieve analyse van het faciale thermogram veel dieper gaat.



fig. 79: Thermogram normale rug, bovenste gedeelte. Centrale warme zône, koude laterale gebieden (Rö. 19.11.65).

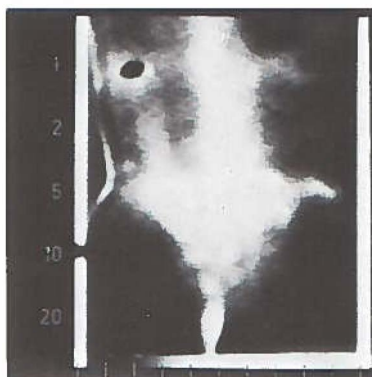


fig. 80: Thermogram van de „normale” rug, distale gedeelte (Rö. 19.11.65).

In grote lijnen komen de bevindingen van EDEIKEN et al. overeen met de onze, met deze restrictie, dat soms door ons een doorlopen van een mediane warme zône tot in de bilnaad werd gezien zonder pathologische betekenis.

#### *Par. 2: Het gestoorde thermogram*

### **2.1.: BIJ AFWIJKINGEN VAN DE HALS**

#### **2.1.1. Het thermogram bij aandoeningen van de glandula thyreoidea en van de tonsillen.**

De ligging van deze organen ten opzichte van het huidoppervlak laten de mogelijkheid van thermographisch onderzoek vooronderstellen. De anatomische verhoudingen en meer speciaal de vaatvoorziening van de hals vraagt op theoretische gronden echter de nodige terughoudendheid. Het normale beeld wordt al sterk bepaald door talrijke vrij oppervlakkig gelegen vaten. Deze zullen zeker de dieper gelegen circulatie maskeren, ook als deze laatste is toegenomen.

In 1963 heeft WILLIAMS te Amsterdam in een voordracht gewezen op de invloed van een thyreotoxose op het warmtepatroon van de hals. Hij herhaalde dit tijdens het eerste internationale symposium over thermographie (New York, 1964). Tijdens het internationale Colloquium over thermographie in 1966 te Straatsburg wezen zowel GROSS, als PLANIOL et al., AARTS en HEERMA VAN VOSS op de gestoorde thermogrammen bij hyperthyreoidie in de zin van een verhoogde temperatuur, echter uitsluitend gebaseerd op incidentele waarnemingen. Bij een struma nodosa kan een zeer lokale temperatuursverhoging waar-

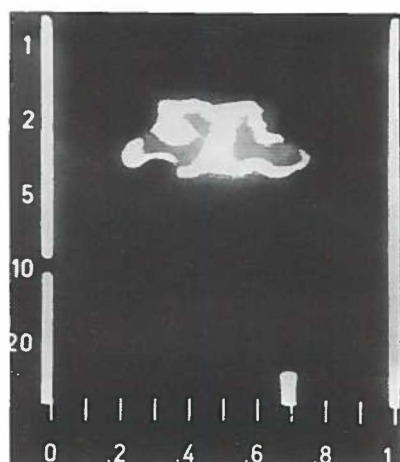


genomen worden (Rö. 19.12.02, fig. 80) terwijl bij meer diffuse aandoeningen er een over het gehele gebied van de glandula thyreoidea veranderd temperatuurspatroon te zien kan zijn.

GERSHON-COHEN en HABERMAN (1964<sup>a</sup>) duiden de mogelijkheid van de thermographie aan zowel bij de hyperthyreoidie als bij het schildkliercarcinoom en bij het evalueren van het effect van de therapie.

BOURJAT (1966) vermeldt een geval van schildkliercarcinoom in zijn proefschrift, maar is overigens weinig enthousiast over de mogelijkheden bij hyperthyreoidie of struma nodosa. GERSHON-COHEN (1967<sup>a</sup>) herhaalt een en ander, doch hij gaat niet nader op het probleem in.

HEERMA VAN VOSS (1969<sup>f</sup>) meent op grond van een aantal nader geanalyseerde gevallen de waarde van het thermographisch onderzoek van de schildklier diskutabel te kunnen stellen en is het in deze dus eens met BOURJAT.



*fig. 81: Struma nodosa. De nodus rechts is duidelijk warm (Vrouw, 15 jaar; Rö 19.12.02).*

GROS, BOURJAT en SOUTTER (1968) hebben een 120-tal patienten met schildklieraandoeningen van verschillende aard kunnen observeren. Hieronder waren 50 patienten met een struma. Alle 120 patienten konden niet alleen thermographisch worden onderzocht, maar er kon ook een vergelijking gemaakt worden met de gegevens van de scintigraphie.

De auteurs zijn van mening, dat het thermographisch beeld van de hals door de grote variabiliteit van het normale beeld moeilijk is te interpreteren. Vooral de bouw heeft grote invloed op het thermographische patroon, waardoor tem-

peratuursverschillen van  $0.3^{\circ}$  à  $0.4^{\circ}$  C of minder tussen schildklier en omgeving de gehele glandula thyreoidea nagenoeg niet te onderscheiden kunnen maken. Daartoe dragen de vrij oppervlakkig gelegen grote vaten in het gebied van de hals sterk bij.

De ervaringen van de auteurs bij struma zijn niet erg bemoedigend: van de 19 patiënten met een struma diffusa toonden er 11 een normaal thermogram en slechts twee een duidelijke temperatuursverhoging boven de schildklierkwab, die vergroot was; van de 7 met een dieper - retrosternaal - gelegen struma toonden er 6 een normaal warmtepatroon; bij 14 gevallen met een struma nodosa werd zevenmaal een normaal thermogram gezien. Slechts bij 5 patiënten was een duidelijk gelokaliseerde temperatuursverhoging zichtbaar.

„Betere” resultaten toonden 10 gevallen - waar de diagnose „struma nodosa” overigens eerst bij histologisch onderzoek werd gesteld - doordat 6 patiënten een „hot spot” toonden. De auteurs tekenen hierbij aan, dat bij 5 van de 6 patiënten recent een bloeding in de nodus had plaats gevonden.

Hun resultaten bij hyperthyreoidie, toxische adenomen en kysten zijn even teleurstellend. Slechts bij 4 van de 7 gevallen met hyperthyreoidie werd een verhoogde temperatuur gevonden, terwijl slechts 2 van de 8 patiënten met „Hashimoto’s Disease” een duidelijke diffuse temperatuursverhoging lieten zien. Dit doet Gross en medewerkers opmerken: „Il semble que ces processus inflammatoires devraient être correctement détectés dans la majorité des cas, la glande thyroïde étant relativement superficielle”.

Ook bij de 32 gevallen, waar klinisch of op grond van het scintigram aan een maligne aandoening werd gedacht, zijn de resultaten van het thermografisch onderzoek niet bemoedigend. Slechts één geval werd histologisch bevestigd, ofschoon hier zowel thermographie als scintigrafie juist normaal waren (P.A: papillair epithelioom). Twee patiënten met een „hot spot” in de schildklierstreek hadden kliermetastasen van een proces elders (niet nader omschreven). Bij 26 patiënten werd wel een verhoogde temperatuur waargenomen, maar bij operatie werd in het merendeel der gevallen een nodeus struma gevonden met recent plaats gehad hebbende bloeding.

Het wekt dan ook geen verbazing, dat de schrijvers in hun kommentaar stellen: „. . . . .”, il convient de souligner que l’investigation thermographique du corps thyroïde apparaît, a priori, relativement décevante”.

Onze eigen ervaring is zeer beperkt. Dit is mede gebaseerd op de overweging, dat het warmtepatroon allerminst bepalend is voor een bepaalde schildklieraandoening en dat zelfs het vinden van een „normaal” thermogram de aanwezigheid van een hyperthyroidie niet uitsluit. Een belangrijk deel van de schildklier wordt immers door de Mm. sternocleidomastoidei bedekt, terwijl gemakkelijk maskering plaats vindt.

Het vinden van een gestoord of ongestoord warmtepatroon boven de schildklier dient ten allen tijde gevolgd te worden door biochemisch onderzoek en een isotopen-onderzoek.

De procedure van het isotopenonderzoek is dusdanig eenvoudig, dat wij thermographisch onderzoek van de schildklier als min of meer overbodig menen te moeten beschouwen.

Een geheel andere mogelijkheid voor de thermographie van de schildklier wordt misschien geboden bij het vervolgen van de resultaten van de therapie. Een voorwaarde hiervoor is natuurlijk, dat er thermographisch vóór de behandeling een verhoogde temperatuur boven de schildklier moet zijn. Indien tijdens de therapie deze verhoogde temperatuur verdwijnt, is het verantwoord aan te nemen, dat de hieraan ten grondslag gelegen hebbende verhoogde schildklieractiviteit is teruggedaan ten gevolge van de therapie. Deze mogelijkheid doet zich bijvoorbeeld voor na toediening van een therapeutische dosis J 131. Het is in zo'n geval geen belasting voor de patient wekelijks of tweewekelijks voor thermographisch onderzoek te komen.

Een ander aspekt biedt het oorspronkelijk negatieve thermogram, dat plotseling een temperatuursverhoging boven de schildklier toont. Op grond van de studie van Gros et al. (1968) lijkt het dan aannemelijk, dat er een bloeding heeft plaats gevonden.

De vraag blijft overigens geheel open of de thermographie een wezenlijke bijdrage kan leveren tot de diagnostiek van aandoeningen van de schildklier. Ook hierover zijn nog te weinig gegevens beschikbaar op grond van nog onvoldoende materiaal, waarbij de serie van Gros en medewerkers de allergrootste is. Een verder onderzoek naar de mogelijkheden van de thermographie blijft noodzakelijk, alhoewel de ervaringen van Gros et al. geen grote verwachtingen wekken.

De waarde van het thermographisch onderzoek in de diagnose van aandoeningen van de schildklier lijkt ons zeer beperkt. In enkele gevallen zal de thermographie kunnen bijdragen tot het beoordelen van de mate van eventuele aanwezige activiteit. Omtrent de aard van deze verhoogde activiteit is weinig te zeggen, al zijn zowel WILLIAMS (1963) als GROS, KEILING en VROUSOS (1967<sup>e</sup>) van mening, dat maligne aandoeningen een geringere hyperthermie veroorzaken dan ontstekingen. Dit komt niet overeen met de bevindingen van CONNELL et al. (1966), die geen enkele ontsteking zagen met een  $\Delta T$  groter dan 2°F. Hierbij moet echter aangetekend worden, dat deze studie, evenals die van WILLIAMS, betrekking hadden op het mammacarcinoom.

Het volgen van de ingestelde therapie lijkt ons de enige te overwegen indicatie voor de thermographie. Het oorspronkelijke thermogram dient dan wel pathologisch te zijn geweest.



fig.82: Ter hoogte van de linker kaakhoek is er een duidelijke verhoging van temperatuur. Oorzaak: carcinoom van linker tonsil (vrouw, 31 jaar; Rô. 18.92.11).

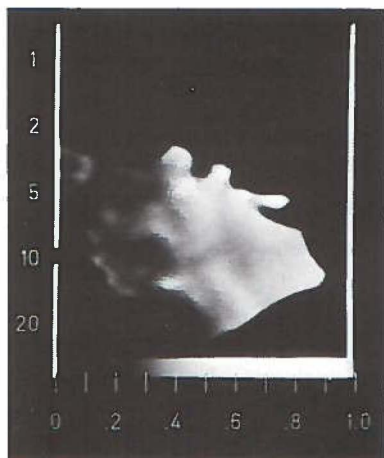


fig. 83: Dezelfde patiënte zes weken na beëindiging van de telecobalt-therapie: het thermogram is weer normaal.

### 2.1.2 Andere aandoeningen in het gebied van de hals; incidentele waarnemingen.

In de literatuur worden enkele incidentele waarnemingen bij thermographisch onderzoek vermeld bij aandoeningen van een tumor van het glomus jugulare en een fibroom van de nasopharynx (BOURJAT, 1966; GROS, WACKENHEIM en VROUSOS, 1967<sup>b</sup>). Daarnaast heeft BOURJAT (1966) een enkel thermogram bij een spinocellulair carcinoom van het oor, terwijl GROS, KEILING en VROUSOS (1967<sup>e</sup>) een metastatische tumor in de halslymfklieren thermographisch konden onderzoeken.

Deze incidentele observaties zijn voor nadere bespreking ongeschikt.

Zelf kunnen wij een waarneming betreffende een carcinoom van de linker tonsil vermelden met een gestoord warmtepatroon (Rô. 18.92.11, fig. 82). Na telecobalttherapie werd het gestoorde warmtepatroon weer normaal (fig. 83).

## 2.2 HET THERMOGRAM BIJ AANDOENINGEN VAN DE THORAX.

### 2.2.1 Het thermogram bij het syndroom van Tietze.

De thermographie heeft naar onze mening bijgedragen tot een iets beter beeld van het syndroom van Tietze.

In 1921 beschreef Tietze een klinisch beeld, dat gekenmerkt werd door een pijnlijke zwelling ter plaatse van de bovenste ribkraakbeenderen. Bij 4 patiënten had hij dit syndroom waargenomen, sindsdien bekend als het „syndroom van Tietze.”

Het wordt gekarakteriseerd door een pijnlijke niet-veretterende, niet-neoplastische en a-specifieke (niet-tuberkuleuze) zwelling van de bovenste ribkraakbeenderen of het sternoclaviculaire gewricht. Het is een aandoening voornamelijk van de jonge volwassene, alhoewel het vóórkomen is beschreven vanaf 13 tot boven de 60 jaar. Het komt bij beide seksen voor en aan beide kanten. In 60 % van de gevallen is het ribkraakbeen van de tweede rib aangedaan. Indien de andere ribkraakbeenden zijn aangetast, dan is in 14 % van de gevallen ook de tweede rib erin betrokken (zie tabel VI).

Tabel VI: SYNDROOM VAN TIETZE.

symptomen	: pijnlijke zwelling van het ribkraakbeen.
lokalisatie	: 2e rib (60 %), ook 3e, 4e en 5e rib, sterno-claviculair gewricht.
geslacht	: man en vrouw
leeftijd	: jonge volwassene; leeftijdspresentie van 13 jaar tot ouder dan 60.
Rö. onderzoek	: negatief.
bloed	: soms verhoogde B.S.E. en leukocytose.
chemie/serol.	: normale waarden.
aetiologie	: onbekend.
pathogenese	: onbekend.
prognose	: goed.
duur	: enkele dagen, enkele weken of maanden.

Tot 1956 werden 158 gevallen in de literatuur beschreven, waarvan slechts één in de Amerikaanse, zoals BYRNE en IBEN berichtten (1964), daarbij KAYSER's literatuuroverzicht van 1956 aanhalend. AGARWALL et al. (1964) berichten dat tot 1964 slechts twee gevallen zijn vermeld in de Indiase literatuur. BYRNE voegt overigens 3 eigen gevallen toe en AGARWALL tien.

In de Nederlandse literatuur zijn slechts enkele publikaties met één of twee gevallen te vinden (BRUIN en SMOOK, 1951; DE HAAS, 1952; ZELDENRUST, 1956).

CALABRO en MARCHESANO (1966) kunnen tot 1960 in de literatuur 250 gevallen opsporen en voegen er zelf één aan toe.

Op grond van de sinds 1960 verschenen publikaties mag verondersteld worden, dat tot op heden  $\pm$  275 gevallen van Tietze's syndroom zijn gepubli-

ceerd. Dit wijst er zonder twijfel op, dat dit syndroom nog steeds een raadsel is wegens gebrek aan objectief waarneembare afwijkingen.

Het eerste symptoom is pijn, vrij snel gevolgd door een vaste, gladde en gewoonlijk iets elastische massa, die boven de thoraxwand uitkomt. Het begin is als regel plotseling. Bij een zeer klein aantal auteurs wordt enige temperatuursverhoging gemeld, maar de meesten ontkennen enig teken van ontsteking in de bedekkende huid of het subcutane weefsel.

Gewoonlijk verdwijnt de zwelling binnen een paar weken, maar ze kan ook enkele maanden blijven bestaan. Remissies en exacerbaties zijn niet ongebruikelijk. Zo meldt AUSUBEL (1959) een geval, dat 18 jaar heeft geduurd. EVANS en EAMES menen verband te zien met luchtweginfecties, hetgeen door anderen echter niet bevestigd kan worden (AGARWALL et al., 1964; BYRNE et al., 1964; MOTULSKY et al., 1953). Deze achten, naast eventueel andere factoren, de mogelijkheid van vitamine B en C deficiëntie als oorzakelijke faktor zeer waarschijnlijk.

Het merkwaardige van dit syndroom is, dat er nooit afwijkingen zijn gevonden bij bloed- en urineonderzoek of bij serologisch onderzoek. De Calcium- en Phosphor-balans zijn normaal, terwijl histologisch onderzoek geen aanknopingspunten oplevert met betrekking tot de pathogenese of de aetiologie. Tietze zelf meende de oorzaak te moeten zoeken in een dystrophie ten gevolge van slechte voeding, tuberculose en trauma. Anderen hebben hem hierin later gevolgd. WEPLER (1954) meende duidelijk aanwijzingen te zien voor een traumatische genese in de vorm van talrijke microtraumata.

Anderen konden de voedingsgenese niet bevestigen, maar dachten de oorzaak gevonden te hebben in een niet steeds aanwezige weefselstructuur, een intra-articulair sterno-costaal ligament, dat zou zwellen en pijnlijk worden na talrijke kleine traumata (MOTULSKY en ROHN, 1953; BECK en BERKHEISER, 1954; BYRNE en IBEN, 1964).

Al deze theoriën konden nooit bevestigd worden door histologisch onderzoek. Ook röntgenologisch kon geen aanwijzing over aetiologie en pathogenese worden gevonden.

Zo verwarrend de meningen omtrent de oorzaak zijn - ofschoon allen de nadruk leggen op het ontbreken van ontstekingsverschijnselen -, zo pluriform zijn ook de toegepaste therapieën. Deze variëren van plaatselijk inspuiten van o.a. hydrocortison tot diepe röntgenbestraling en van grote dosis vitamine B en C tot chirurgisch verwijderen van de pijnlijke zwelling.

Dit alles illustreert de moeilijkheid van de diagnose „syndroom van Tietze”, waarbij de enige duidelijke criteria zijn: onmiskenbare zwelling en volkomen normale bevindingen. Daarbij komt de subjectieve waarneming van pijn.

In het begin van onze belangstelling in de thermographie werd ons een pa-

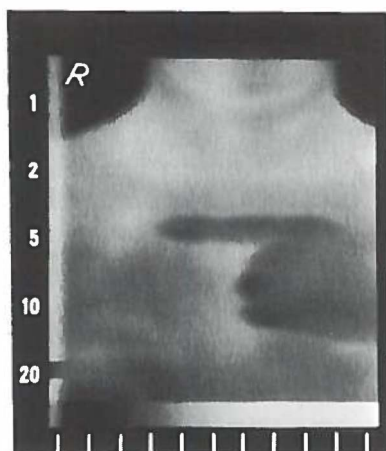


fig. 84: Klinisch: syndroom van Tietze.  
Thermographisch: „Hot-spot” ter plaatse van de pijnklachten (kraakbeen tweede rib rechts).

tient met de klinische diagnose „syndroom van Tietze” gepresenteerd. De theoretische overweging was, dat de zwelling gepaard zou kunnen gaan met een verhoogd metabolisme en een toegenomen circulatie, waardoor het warmtepatroon van de huid beïnvloed kon zijn.

Daar deze eerste patiente (Rö. 7.60.15), een meisje van 22 jaar met een pijnlijke zwelling ter plaatse van de 2e costale cartilago rechts, een duidelijke „hot spot” ter plaatse toonde, hebben wij dit onderzoek voortgezet (fig. 84).

Door de chirurg werden ons in de laatste twee jaar 25 patienten gepresenteerd met de klinische diagnose „syndroom van Tietze” met de vraag of dit thermographisch kon worden ondersteund. Hiervan waren 9 mannen en 16 vrouwen. De leeftijd in de groep mannen varieerde van 28 tot 72 jaar, in de groep vrouwen van 22 tot 66 jaar. De gemiddelde leeftijd in de eerste groep was 50.1 jaar, in de tweede 43.4 jaar. (tabel VII)

Tabel VII: Resultaten van het thermographisch onderzoek bij 25 patienten met mogelijk „syndroom van Tietze”.

	+	—	dubieus pos.	Totaal
man	1	6	2	9
vrouw	10	5	1	16
	11	11	3	25

In de groep dubieus positief werden 3 patienten geplaatst, bij wie er wel een temperatuursverhoging ter plaatse van de klachten werd gevonden, maar waarbij deze verhoging ten opzichte van de andere kant slechts  $0.5^{\circ}\text{C}$  tot  $1.0^{\circ}\text{C}$  bedroeg. Uit dien hoofde twijfelden wij of dit reeds significant genoemd mocht worden en werd voor deze 3 de omschrijving „zeer verdacht maar twijfelachtig” gebruikt.



*fig. 85: Sinds enige maanden pijn links naast het sternum t.h.v. CIII; klinisch: Syndroom van Tietze. Thermografisch: duidelijke temperatuursverhoging ter plaatse (vrouw, 52 jaar; Rô. 19.69.05).*

Het totale materiaal omvatte dus 11 positieve thermogrammen en 3 zeer waarschijnlijk positief naast 11 ongestoorde thermogrammen.

Bij 14 van de 25 werd dus aktiviteit aangetoond, hetgeen 56 % betekent.

Ofschoon de verhouding manlijk/vrouwelijk niet overeenkomt met de opgaven in de literatuur (in ons materiaal 9 tegen 16, d.w.z. nagenoeg 1 op 1.8, tegen 1 op 1) is de leeftijdsverdeling zeer goed korrelerend.

Bij 14 van de 25 patienten meenden wij een ondersteuning te vinden van de klinische diagnose in de gestoorde thermogrammen, alhoewel wij bij de andere 11 patienten het afwezig zijn van het syndroom van Tietze niet aangetoond konden achten.

Ons materiaal onderging echter een wijziging, doordat bij één patiente later



een duidelijke diagnose gesteld kon worden op grond van klinisch beeld, röntgenonderzoek en histologisch beeld. (zie dit hoofdstuk, paragraaf 2.2.2). Dit onderstreept weer eens duidelijk het aspecifieke van het warmtebeeld.

Het uiteindelijk resultaat wordt dus dat bij 13 patiënten van de 24 ter plaatse van de subjektieve pijnklachten en de objectief vaststelbare zwelling een duidelijk verhoogd warmteniveau werd gevonden, d.w.z. in 54 %.

Deze afwijkingen in het thermogram maken het onwaarschijnlijk, dat een dystrophie de oorzaak van het syndroom van Tietze zou zijn. Een verhoogde temperatuur is in tegendeel eerder een symptoom van een hypertrophische reactie. Op grond van deze thermographische bevindingen is het waarschijnlijk, dat er andere mechanismen aanwezig zijn. De mogelijkheid van een inflammatoire oorzaak vindt hierdoor ondersteuning.

Bij het syndroom van Tietze kan derhalve het thermographisch onderzoek wezenlijk bijdragen tot het objectiveren van de symptomen bij deze moeilijke diagnose, temeer daar bij „normalen” nooit aktiviteit werd gevonden. (fig. 85 Rō 19.69.05).

### *2.2.2 Het thermogram bij andere thoraxaandoeningen (incidentele waarnemingen.)*

In 1964 vermeldt LANE tijdens het New Yorkse Symposium over medische thermographie enkele thermographische observaties bij longemphyseem - er was een duidelijk verlaagde temperatuur van de huid van de betrokken thoraxhelft, door de auteur verklaard als vermoedelijk door een verminderde circulatie veroorzaakt -, en een tuberculeus empyeem met spontane doorbraak naar buiten, waarbij een duidelijke temperatuursverhoging werd gevonden. LANE had gelegenheid de laatste patient tijdens de behandeling thermographisch te vervolgen, waarbij hij vermeldt, dat onder invloed van de PAS-INH therapie de temperatuur van de huid weer normaal werd. De auteur vermeldt niet of er ter plaatse van de fistel secundaire infectie was opgetreden. Deze incidentele waarneming is interessant maar verder van weinig waarde.

Ook wij konden een parallel waarneming doen. Een thermographisch toevallig gevonden verhoogde temperatuur aan de voorzijde van de linker thoraxhelft wegens de mogelijkheid van een „Tietze” - röntgenologisch werden geen afwijkingen gevonden - kon 6 maanden later verklaard worden door de aanwezigheid van een tuberculeuze afwijking in de derde rib links aan de voorzijde zowel röntgenologisch als door het spontaan perforeren naar buiten (Rō. 5.37.85). Geruime tijd eerder werd dus al een gestoord warmtepatroon gevonden.

Gros en Vrousos (1966) geven een omschrijving van het normale thorax-thermogram met wat warmere zônes boven het hart en de beide hili (zij maken

echter geen melding van de ook hier duidelijk aanwezige effecten van „cross-radiation“), en bij enkele pathologische toestanden als een kleincellig carcinoom, een thymuscarcinoom en longmetastasen, terwijl Gros en WACKENHEIM (1966) een thermogram van een patient met de ziekte van Hodgkin tonen.

Deze beide publikaties van Gros en medewerkers zijn meer als „incidentele waarnemingen“ te zien, waarbij de weergegeven thermogrammen en schemata niet direkt overtuigend zijn en zeker niet wijzen op belangrijke nieuwe informatie via de thermographie. Deze thermographische gegevens dragen niet bij tot enige verbetering van de diagnostiek.

Bovendien is het te verwachten, dat, indien de afwijking oppervlakkig is gelegen, er een „hot spot“ gevonden wordt.

In de literatuur wordt vermeld (MARKIEWICZ en BEDNARZEWSKI, 1965; MOLTENI, BASTIOS, RIVA RUIZ BERNALES, HEREDIA en KOGA, 1966), dat bij een hartinfarct de temperatuur links parasternaal  $0.1^{\circ}$  tot  $0.9^{\circ}$  C lager is dan rechts. Bij coronaire afwijkingen zonder infarct werd geen temperatuursverschil waargenomen. Het grootste temperatuursverschil werd waargenomen bij voorwandinfarcten met een belangrijke afwijking in het E.C.G.

Er wordt echter niet vermeld of deze temperatuursstoornis ook werd waargenomen zonder duidelijke stoornissen in het E.C.G., dus of het als vroeg symptoom van het hartinfarct is op te vatten.

Het door genoemde auteurs verrichtte onderzoek is interessant voor de thermographie op zich, maar een verschil, dat maximaal  $0.9^{\circ}$  C bedraagt, (thermographisch overigens duidelijk waar te nemen) is weinig overtuigend te noemen. Het feit, dat een verandering van 1 % in de emissiviteit van de huid een verandering in stralingsenergie veroorzaakt overeenkomend met die, veroorzaakt door een verandering in temperatuur van  $0.7^{\circ}$  C (BARNES, 1963<sup>a</sup>, WILLIAMS, 1964<sup>a</sup>, CADE, 1968, Gros et al., 1968<sup>c</sup>), illustreert de geringe waarde, die aan deze temperatuursverschillen moet worden toegekend. Bovendien werden alle metingen verricht met direkt-kontaktthermometers (thermokoppels), welke methode, zoals bekend, door de lokale reactie vaak onbetrouwbare uitkomsten geeft, die zeker als het om zulke geringe verschillen gaat, zwaar wegen.

Wij hebben dan ook geen aanleiding gevonden thermographisch onderzoek te verrichten bij patienten met hartinfarct.

Het thermographische beeld van de gynaecomastie imponeert als dat van de normale mamma. (Rö. 17.66.31) (zie fig. 25).

Thermographie kan wel bijdragen tot een betere beoordeling van ontstekingen, als het klinische beeld onduidelijk is. Zolang nog een „hot spot“ gevonden wordt als uiting van verhoogde aktiviteit, is het proces nog niet tot rust gekomen en is een exacerbatie mogelijk.

### *2.3 Het thermogram bij afwijkingen in het abdomen.*

De afwezigheid van een benige tussenlaag bij het abdomen zou een gemakkelijke toegankelijkheid voor thermographisch onderzoek van dit gebied veronderstellen, temeer daar het normale beeld een vrij goed symmetrisch patroon toont met slechts weinig gebieden, die in normale omstandigheden wisselingen in de infrarood – emissie tonen.

#### *2.3.1 De thermographische placenta-lokalisatie.*

Een der eerste indicaties voor het thermographisch onderzoek van het abdomen was de lokalisatie van de placenta. BIRNBAUM en KLIOT geven daarover tijdens het New Yorkse Symposium (1964) hun ervaringen weer, uitvoeriger herhaald in 1965. Zij baseerden hun overweging, dat het mogelijk moet zijn thermographisch de placenta te lokaliseren, op het feit, dat tegen het einde van de graviditeit ongeveer 700-800 cc bloed per minuut door de uterus gaat, waarvan  $\pm$  600 cc door de placenta, die zich toch al in een metabool zeer actieve phase bevindt (McCLURE BROWNE et al., 1953; RAMSEY, 1962). Zij stellen dan ook, dat dit overheersen van de bloedstroom door de placenta en diens metabole activiteit een duidelijke identifikatie van dit orgaan op een thermogram mogelijk moet maken, vooral ook door het „direkte kontakt” tussen huid en uterus. Zij beginnen hun mededeling (1964) met de zinsnede: „Of all the clinical specialties, obstetrics and gynecology may be the most fertile as a potential field of usefulness for thermography. The female pelvic cavity is unique in many respects”. De auteurs noemen daarna de duidelijke benige begrenzingen en de hellende stand van het bekken, waardoor enerzijds een duidelijke afgrenzing wordt verkregen en anderzijds er direkt „ingekeken” kan worden. Het feit dat de aorta en de vena cava inferior zich splitst resp. eerst vormt ter plaatse van de bekkeningang, vergemakkelijkt het interpreteren van het thermogram. Met betrekking tot de graviditeit en vooral wat betreft de lokalisatie van de placenta achtten BIRNBAUM en KLIOT het 3e trimester van de zwangerschap het meest belangrijk. Als indicaties noemen zij zowel de laag geïmplanteerde placenta als de placenta praevia, vooral bij bloedverlies per vaginam. De belangrijkste vraag voor thermoplacentographie is die van de „vertikale” lokalisatie, m.a.w. of in het corpus uteri, of in het onderste uterus segment, of in beide. Uit de groep van 70 patienten werd bij 53 na de partus de implantingsplaats van de placenta bepaald en vergeleken met het thermogram, dat vóór de partus werd gemaakt. Dit geschiedde bij 45 patienten door manuele palpatie en bij 8 tijdens de sectio caesarea. Slechts bij 2 van deze 53 bleek de thermographisch opgegeven lokalisatie niet te kloppen (= 3.7 %). Een groot be-

zwaar kan men hebben tegen deze getallen, daar bij het thermogram volkomen buiten beschouwing bleef, dat het gebied van de navel en van de liesplooien normaliter als „hot spot” imponeren tengevolge van de „cross radiation” (men krijgt zelfs de indruk, dat BIRNBAUM en KLJOT deze hete gebieden als afkomstig van de placenta beschouwen), en dat de manuele plaatsbepaling erg onnauwkeurig is.

RAYMOND YOUNG (1964) geeft een overzicht van 47 thermoplacentographiën, waarvan slechts 13 bij operatie gecontroleerd konden worden. Zeer terecht stelt de auteur, dat manuele aftasting ter bepaling van de juiste lokalisatie van de placenta na de partus niet in staat is exakte gegevens op te leveren en te vaak slechts een vage indruk verkregen wordt. YOUNG vindt zelfs de manuele plaatsbepaling tijdens een operatief plaats vindende bevalling niet betrouwbaar: „Speed is essential, since the uterus retracts rapidly around the placenta. The first impression is therefore the most accurate. Even this simple manoeuvre might produce spurious results”. De auteur haalt Donald aan, die vindt, dat zelfs het links- en rechtshandig zijn van de operateur verschil uitmaakt.

YOUNG waarschuwt eveneens voor de warme zône ter plaatse van de navel, maar daarnaast relateert hij deze opmerking door te vermelden, dat bij graviditeit dit gebied uitgestrekter en  $2^{\circ}$  -  $3^{\circ}$  C warmer is en dat de navel als radiator voor de placentawarmte optreedt als deze in de buurt van de umbilicus is gelokaliseerd. Een belangrijke opmerking maakt de auteur door erop te wijzen, dat vooral een „hot spot” buiten de maximumconvexiteit van de uterus als zeer significant moet worden gezien. Hij is echter onjuist, waar hij vermeldt, dat de huidpigmentatie een rol speelt. BARNES (1963<sup>a,c</sup>) heeft het onbelangrijke van de huidpigmentatie duidelijk aangetoond, evenals HARDY (1934).

De konklusie op grond van de 13 gecontroleerde gevallen is, dat in 100 % een voor praktische doeleinden voldoende nauwkeurige lokalisatie werd gegeven met thermographisch onderzoek in één vlak.

Wij vragen ons bij deze fraaie resultaten wel af of het beoordelen van de thermogrammen bij een studie naar de betrouwbaarheid van de thermographische placenta-lokalisatie, dient te geschieden door dezelfde persoon, die de operatie verricht.

GERSHON-COHEN en HABERMAN (1964<sup>a</sup>) vermelden in hun overzicht van het klinische gebruik van de thermographie eveneens de thermoplacentographie zonder nadere analyse.

De auteurs GERSHON-COHEN, HABERMAN, HABERMAN-BRUESCHKE en BRUESCHKE hebben bij verschillende gelegenheden hun ervaringen medegedeeld. Zij komen tot fraaie resultaten, maar hun volgens objectieve maatstaven gecontroleerde materiaal is erg klein. Dit doet de door hen opgegeven getallen met enige skepsis bezien.

In tegenstelling hiermede staan de resultaten van JOHNSTON, BRAGG en SCIARRA (1966), die in een vergelijkend onderzoek de thermographie tegenover het isotopenonderzoek stellen. In hun materiaal is de thermographische placentalokalisatie duidelijk inferieur aan het scintigraphisch onderzoek.

GROS, WACKENHEIM en VROUSOS (1966<sup>a,b</sup>) spreken zich positief uit, maar geven geen eigen materiaal van enig belang. De enige door GROS, WALTER en DELLENBACK (1967<sup>c</sup>) wat nader uitgewerkte groep is te klein voor statistische bewerking en de daaruit getrokken konklusies zijn zeer aanvechtbaar.

De Fransen LEPAGE, RANINA, SUREAU en CONGEAND (1967) vinden de resultaten van de thermoplacentographie teleurstellend. HEERMA VAN VOSS (1967) is wat optimistischer bij een resultaat uit drie thermoplacentogrammen, maar op grond van verdere ervaring (1969<sup>e</sup>) spreekt hij zich toch wat minder positief uit. Deze auteur meent, dat de thermographie mogelijk vooral gebruikt zou kunnen worden voor het onderzoek van de placentafunctie, zonder evenwel nader aan te duiden wat hiermede bedoeld wordt. Onze eigen, bewust zeer beperkt gehouden ervaring is zeer teleurstellend. Misschien speelt hierbij een rol, dat wij nooit echt in de mogelijkheden van de thermographie voor de lokalisatie van de placenta hebben geloofd.

Dit kwam voort uit de tegenstrijdige berichten in de literatuur en vooral ook op grond van de overweging, dat een bestaande betrouwbare methode, ook al brengt deze enige risico's met zich in verband met het gebruik van radioactieve isotopen, slechts vervangen mag worden door een „minder belastende” als de kwaliteit van het onderzoek en de betrouwbaarheid van de verkregen informaties niet aangetast wordt. Overigens heeft HIBBARD (1962) berekend, dat de gonadendosis van zowel moeder als foetus bij het isotopenonderzoek ongeveer 1/200 bedraagt van de dosis, die bij het maken van twee röntgenopnamen wordt ontvangen. De schildklier van het foetus ontvangt slechts 1/8 van deze dosis.

De aard van de te nemen beslissingen is zo belangrijk, dat dit zeer geringe risico van radio-actieve belasting aanvaard mag en moet worden.

De overwegend negatieve berichten in de literatuur, die een meer betrouwbare indruk maakten, hebben ons, in overleg met onze gynaecoloog, doen afzien van verdere pogingen. De thermoplacentographie hebben we als indicatie uit ons programma verwijderd. Ons isotopenlaboratorium maakte deze beslissing niet moeilijk.

### *2.3.2 Andere intra-abdominale aandoeningen*

BRASFIELD, LAUGHLIN en SHERMAN (1964) hebben in een „voorlopig verslag” betreffende hun onderzoeken van maligne aandoeningen met behulp van de

thermographie, ook die in het gebied van het abdomen opgenomen. In hun inleidende opmerkingen stellen zij: „We were not always successful, however, if the inflammation was deep in the chest or abdomen”.

Van hun 25 patienten met intra-abdominale afwijkingen vonden zij bij 16 een positief thermogram. Hierbij waren aandoeningen als carcinoid van het ileum, pancreascarcinoom en metastasen van een choriocarcinoom in de liesklieren, evenals een coecumcarcinoom. Negen carcinomen van verschillend type werden gemist. Een 10 cm grote necrotische plek in het mesenterium van de dunne darm werd gezien als een „hot spot”. Een leverafwijking werd niet gezien, terwijl een littekenbreuk zich thermographisch als „hot spot” presenteerde. Van de 16 patienten met Hodgkin en lymphosarcoom - in thorax en abdomen - hadden er 6 een positief thermogram, hieronder ook begrepen één met een lokalisatie in de thorax. Een teleurstellend resultaat, temeer daar ook grote oppervlakkig gelegen klieren werden gemist.

Moss (1964) bericht uitsluitend over abdominale thermographie. Hij heeft zich hierbij beperkt tot normale patronen bij honden en bij patienten met klinisch gediagnostiseerde afwijkingen, die patholoog-anatomisch bevestigd waren. Op grond van zijn zeer beperkt materiaal, omvattende duidelijk met verhoogde stofwisseling en toegenomen circulatie gepaard gaande afwijkingen als ontstekingen en maligne aandoeningen - waarbij overigens enige „theoretisch thermographisch-aantoonbare” afwijkingen werden gemist - komt Moss tot de konklusie: „Its value still needs to be proven in both malignant and inflammatory disease processes”.

BOURJAT (1966) beperkt zich tot het wat verspreid vermelden van enkele afwijkingen in de buik, waarbij een verhoogde temperatuur werd waargenomen. Het materiaal, waaruit deze positieve thermogrammen zijn genomen, blijft verder geheel onbesproken.

HEERMA VAN VOSS rapporteert (1967) één juist gediagnostiseerde leverkyste in de rechter kwab op grond van het thermographisch beeld. GROS, KEILING en VROUSOS (1967<sup>e</sup>), zijn veel optimistischer in hun uitslatingen, maar geven geen overzicht van hun materiaal noch een analyse daarvan.

Op de mogelijk informatieve functie van de buikhuid, reeds lang een onderwerp van belangstelling, wijst het artikel van TURBA en TAVAZZI (1962), die met infrarood-fotografie een onderzoek instelden naar de oppervlakkige veneuze circulatie bij levercirrhose. Hier ontbreekt echter het fundamentele van de thermographie n.l. het gebruik maken van de eigen straling.

In het overzicht van de mogelijkheden van de thermographie op het gebied van obstetrie en gynaecologie vermelden GERSHON-COHEN, HABERMAN-BRUESCHKE en BRUESCHKE (1965<sup>b</sup>) niet het aantonen van maligne of inflammatoire aandoeningen, ofschoon in een tegelijkertijd verschenen overzicht

(1965d) van de hand van dezelfde schrijvers deze afwijkingen wel worden vermeld als toegankelijk voor de thermographie. De schrijvers gaan zelfs zo ver, dat zij mededelen dat voor verdenking op metastatische processen „therapy is instituted even if all other examinations are negative”. Een o.i. nogal gedurfde bewering, die een gedragslijn weergeeft, die toch wel zeer aanvechtbaar is. Afgaan op de gegevens van deze methode voor het bepalen van de therapie moet toch wel onjuist genoemd worden. De in dit artikel gepubliceerde illustratieve gevallen zijn, uiteraard, zeer overtuigend, maar ook hier ontbreekt een kritische analyse.

GROS en VROUSOS (1966a) beperken zich eveneens tot een vermelding van enkele fraaie gevallen, maar ook hier ontbreekt enige mededeling omtrent de resultaten in grotere series.

CADE (1968) neemt de mededelingen van GERSHON-COHEN zonder meer over, daarbij verwijzend naar acute appendicitis, leverabcessen, acute cholecystitis en coloncarcinoom.

Een publikatie van BRASFIELD, SHERMAN en LAUGHLIN (1965), geeft een duidelijker verslag van 35 gevallen, van wie 16 een positief thermogram toonden. Sinds hun mededeling van 1964 hebben zij dus 10 patiënten meer onderzocht zonder echter nog een positief thermogram erbij te vinden. Van de 5 patiënten met grote carcinoom-metastasen in de lever toonden slechts 3 een verhoogde infrarood-emissie. De auteurs geven niet aan op welke gronden zij een verhoogde temperatuur boven de metastasen in de lever verwachtten. De meeste levermetastasen zijn vaatarm en zullen dus geen aanleiding geven tot temperatuursverhoging. Zij besluiten hun overzicht met „many of the lesions have been detected but the accuracy must be improved to have great clinical value”. Wat betreft een acute appendicitis vermeldt BARNES (1963) een geval met een duidelijke „hot spot” in de rechter onderbuik, waarbij de diagnose kon worden bevestigd bij operatie.

BUWALDA (1969c) geeft een overzicht van het thermographisch onderzoek bij 32 patiënten met de klinische diagnose „acute appendicitis”. Bij 30 van hen werd de diagnose operatief bevestigd. Bij 14 patiënten - dus minder dan 50 % van de bevestigde gevallen - was er een „hot spot” rechts onder. Verdere analyse gaf aan, dat een onderhuidse vetlaag van meer dan 1 cm dikte sterk het thermographisch onderzoek in negatieve zin beïnvloedt. (zie ook hoofdstuk I). Bovendien was - begrijpelijk - de lokalisatie van de ontstoken appendix van grote invloed op het warmtepatroon.

Zonder opgave van de grootte van zijn serie vermeldt BUWALDA, dat de vaatrijkdom van de lever de verwachte temperatuursstijging ter plaatse van een acuutontstoken galblaas overschaduwde. Hij oppert verder de mogelijkheid, dat thermographisch misschien een pancreascarcinoom van een kyste gediffe-



rentieerd kan worden bij die toestanden, waarbij abdominale maligne aandoeningen zich als een „acute buik” manifesteren.

Onze eigen ervaring is zeer beperkt. Van de 4 patienten met „acute buik” hadden er twee in de rechter bovenbuik gelokaliseerde klachten (Rö. 19.68.54, Rö. 19.35.90) en twee (Rö. 20.51.14, Rö. 20.51.05) een klinisch onduidelijk beeld, dat de mogelijkheid van 'n ileus even zo open liet als die van 'n acute appendicitis. Hiervan toonden de beide patienten met bovenbuiksklachten een temperatuursverhoging in de rechter bovenbuik. Bij operatie werd een galblaasinfiltreat respectievelijk een primair galblaascarcinoom gevonden.

Over het geheel genomen lijkt ons de waarde van de thermographie bij intra-abdominale afwijkingen zeer beperkt. Slechts bij zeer oppervlakkig gelegen processen als een cholecystitis kan - na het stellen van de diagnose - misschien een bijdrage geleverd worden in de vorm van het beoordelen van de activiteit. Zo zou misschien een differentiatie mogelijk worden tussen acuut en chronisch ontstekingsproces. Evenzo zou misschien iets meer informatie verkregen kunnen worden bij peri-appendiculaire infiltraten.

Omtrent de bijdrage van de thermographie bij maligne afwijkingen van de darm (b.v. coloncarcinoom) zijn geen nieuwe aspecten te verwachten. Hiertoe is de thermographie ongeschikt.

Voor intra-abdominale aandoeningen in het algemeen lijkt ons de thermographie niet belangrijk.

### *2.3.3: Het thermogram bij verbrandingen.*

Uiteraard wordt thermographisch geen andere mogelijkheden geboden bij een verbranding van de buikhuid dan op een andere plaats. In onze serie bevond zich een patientje (Rö. 20.29.76; fig. 86), dat de funktionele informatie van de thermographie duidelijk toonde. Klinisch werd een vrij uitgebreide brandwond van de buikhuid geklasseerd als graad II-III met subtotaal huidverlies. Thermographisch werden enkele avitale gebieden gesignaleerd op grond van het gestoorde warmtebeeld.

De aanvankelijke conservatieve behandeling moest gewijzigd worden toen het klinisch verloop totaal huidverlies aantoonde. De plastisch chirurg tekent in zijn ontslagbrief, na 2 1/2 maand verpleging, aan: „bij een juistere beoordeling had het genezingsproces met behulp van een huidtransplantaat aanzienlijk bekort kunnen worden”.

### *2.3.4: Enkele incidentele waarnemingen*

CONNEL, MORGAN en ROUSSELOT (1964) vermelden een interessante indicatie voor thermographie. Met behulp van de warmtepatronen van de buikhuid heb-





fig. 86: *Klinisch: brandwond graad II-III met subtotaal huidverlies op rechter onderbuik. Thermographisch: „hot-spot” ter plaatse van de navel. In het verbrande gebied zijn enkele „koude” plekken aanwezig. Hier is de weefselbeschadiging dieper dan het klinische beeld (meisje, 10 jaar; Rô. 20.29.76).*

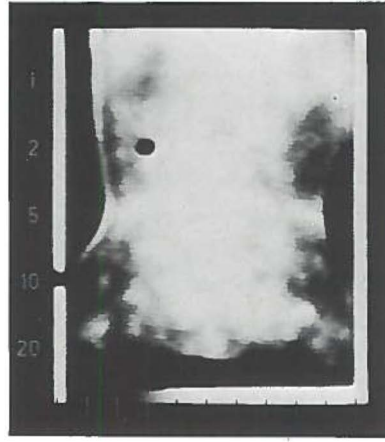


fig. 87: *Klinisch: ischialgie, H.N.P? Thermographisch: duidelijke temperatuursverhoging binnen de „presakrale ruit”. Mogelijk H.N.P. als oorzaak (vrouw, 34 jaar; Rô 18.87.53).*

ben zij bij een 30-tal patienten de wondgenezing nagegaan na chirurgische ingrepen in de buik.

Een normale bevinding bij de wondgenezing is een temperatuursstijging ter plaatse van de wond met  $1^{\circ}$  -  $2^{\circ}$  C tussen de 3e en 6e dag. Een stijging van  $2^{\circ}$  -  $3^{\circ}$  C of meer in deze periode is verdacht voor wondinfectie.

CONNEL en medewerkers vonden een duidelijk verschil tussen de groep met en die zonder antibioticatoediening. De patienten in de groep met antibiotica toonden een snellere terugkeer van de temperatuur naar normale waarden. De auteurs verklaren dit door de mogelijkheid van een snellere verbetering van de plaatselijke circulatie door afname van het wonddoedeem en de microthrombosen.

KLIOT en BIRNBAUM (1965) hebben eveneens aandacht besteed aan de thermographie van de wondgenezing. Een verschil tussen per primam of per secundam genezing zagen zij niet. Ook bij grotere granulerende weefselmassa's blijft het thermografisch beeld in zijn verloop hetzelfde. Ook hier nemen zij een temperatuurspiek waar tussen de 3e en 6e dag met een gelijke duur als bij de per primam genezende wonden. De auteurs hebben verband trachten te leggen tussen het warmtebeeld en de biochemische en histologische veranderingen. In hun studie valt vooral de gelijkvormigheid van de infrarood-emissiecurve en de hoeveelheid mucopolysacchariden gedurende de eerste 15

dagen op. Bij gestoorde wondgenezing, ongeacht een eventuele infectie, was er een duidelijke verlenging van het temperatuursplateau.

Anderzijds toont de daling van de temperatuur van de 6e dag af, dat er voldoende collageenvorming en dus voldoende consolidatie van het litteken plaats gaat vinden.

Het lijkt ons van uitermate veel belang meer gebruik te maken van de thermographie bij de wondgenezing.

Bij afwijkingen van de buikhuid of direkt hieronder gelegen processen kan de thermographie waardevol zijn. Eigen ervaring ontbreekt nog.

#### *2.4: Het thermogram bij afwijkingen van primaire of sekundaire aard van de rug.*

Omtrent het thermographisch onderzoek van de rug zijn vele incidentele mededelingen te vinden, maar slechts enkele meer systematische onderzoeken.

ALBERT, GLICKMAN en KALLISH (1964) hebben enige thermographische onderzoeken verricht bij discusdegeneraties en syndromen, die door discusdegeneratie kunnen worden veroorzaakt.

Zij beperken de waarde van hun bevindingen door op te merken, dat de kennis van het normale thermogram hun ontbreekt. Erg optimistisch zijn zij overigens niet over de mogelijkheden van de thermographie.

HEINZ, GOLDBERG en TAVERAS (1964) beginnen hun verslag over het thermographisch onderzoek van de rug met de opmerking: „Disc disease does not commonly exhibit increased heat. Secondly, the normal patient frequently exhibits increased heat in the lumbosacral area, the commonest site for clinically significant disc disease”.

Zij zijn op grond van 4 gevallen van spondylololsthesis met een duidelijke „hot spot” ter plaatse, zeer positief in hun uitspraak over de mogelijkheden van de thermographie, vooral door de mogelijkheid de begeleidende ontsteking, waardoor de pijn wordt veroorzaakt, te kwantificeren.

Ondanks enkele positieve bevindingen, behalve bij de hernia nucleii pulposi, vinden zij: „This, along with the failure to detect neoplasma, and herniated discs in a significant number of cases reveals the many uncertainties inherent in thermographic evaluation of spinal disease”.

GERSHON-COHEN, HABERMAN-BRUESCHKE en BRUESCHKE (1965b, 1967d) zijn veel positiever: „It is possible to demonstrate herniated discs. . .”, zonder enige nadere adstructie, maar wel met verwijzing naar het werk van ALBERT et al., die zelf uitermate voorzichtig waren. Dit staat dus in tegenspraak tot de gegevens van GOLDBERG, HEINZ en TAVERAS (1966), die slechts bij 4 van de 21 met een operatief bewezen hernia nucleii pulposi een gestoord thermogram vonden. Bij alle 4 gevallen van spondylololsthesis werd een pathologisch thermogram

gezien. Bij tumoren van het ruggemerg werden inconstante thermographische beelden verkregen. Ontstekingen gaven alle pathologische beelden. Zij vermelden ook de mogelijkheden, die thermographie van de rug biedt bij niertumoren. Helaas ook nu ontbreekt een opgave van de uitgebreidheid van het ter beschikking staande materiaal, evenals een kritische analyse van de resultaten.

EDEIKEN, WALLACE, CURLEY en LEE (1968) analyseren de thermographische resultaten bij 93 patienten met symptomen en klachten van een hernia nuclei pulposi. Allen ondergingen myelographie en 29 werden geopereerd. Thermographie en myelographie werden met elkaar vergeleken, evenals het normale controle thermogram met de 29 thermogrammen bij een H.N.P. Het is eveneens de verdienste van de auteurs dat zij beginnen met een omschrijving van het normale beeld.

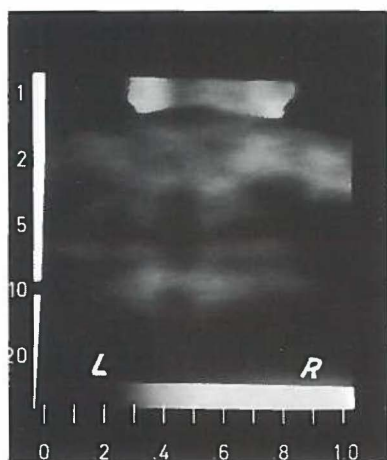


fig. 88: Man, 69 jaar, bekend als lijdende aan een bronchus-carcinoom rechts boven (dorsale tak). Thermographisch: verhoogde temperatuur. Oorzaak? (Rö. 1126.94).

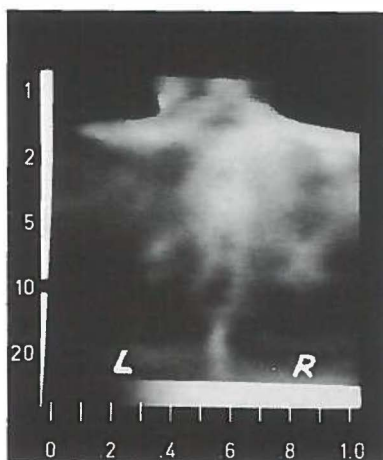


fig. 89: Klinisch: bestraald bronchus-carcinoom rechter bovenkwab. Nog activiteit? Thermographisch: duidelijk verhoogde temperatuur rechts boven. Oorzaak: tumor? gevolg van bestraling? Bovendien rechts onder een „hot-spot“. Dit bleek veroorzaakt(?) door een infiltraat in de rechter onderkwab (man, 65 jaar; Rö. 484.54).

Zij vonden bij 23 van de 29 patienten abnormale thermogrammen en wel in de vorm van een „hot spot“ in het koudere ruitvormige gebied in de sacraalstreek. De lokalisatie kwam overeen met het niveau van de discus hernia. Er werden 5 foutief negatieve en één foutief positief thermogram gevonden. Bij 19 patienten kwamen de gegevens van de thermographie en de myelografie

overeen, bij 10 niet. Bij 18 patienten werd de hernia op de aangegeven hoogte gevonden; bij één patient - thermographisch en myelographisch negatief - werd bij operatie een hernia gevonden. Van de 10 diskongruente gegevens bleek, dat bij 5 patienten de thermographie de juiste informatie gaf en bij de 5 anderen de myelographie.

Zelf tekenen de auteurs aan, dat in de meerderheid der gevallen de klinische beelden zo duidelijk waren, dat de myelographie hier alleen een bevestigende betekenis heeft. Bij een minderheid moest de diagnose myelographisch gesteld worden. Zij achten thermographie supplementair of complementair ten opzichte van de myelographie.

Ofschoon het materiaal van EDEKEN et al. niet wezenlijk groter is dan van GOLDBERG et al. worden toch andere uitkomsten verkregen. Het lijkt ons derhalve alleszins waard een nader onderzoek te verrichten met een goed voorbereide opzet bij een groter materiaal.

Momenteel hebben wij nog geen eigen ervaring, daar de tegenstrijdige berichten, waarbij de zeer positieve geluiden eigenlijk geen enkel houvast boden, een opzetten van een thermographisch onderzoek van de hernia nucleipulposi en verwante afwijkingen niet in de hand werkten. Kortgeleden zagen wij een gestoord thermogram bij een H.N.P. (fig. 87, R $\ddot{o}$  18.87.53)

HEERMA VAN VOSS (1967) geeft een geval van een zwelling ter plaatse van de linker scapula bij een patient met een haemophilie. Een nadere analyse ontbreekt. Slechts wordt vermeld, dat deze tumor duidelijk activiteit vertoonde.

COSH en RING (1967) berichten over een patient met spondylitis ankylopoetica, die duidelijk verhoogde activiteit liet zien.

GROS, KEILING en VROUSOS (1967) vermelden wederom zonder nadere gegevens sukses bij een geval van pancreaskopcarcinoom, zich uitende in verhoogde temperatuur links paravertebraal in het thoraco-lumbale overgangsgebied.

Onze eigen ervaring met maligne afwijkingen in de wervels of schouders is zeer gering. Enkele patienten toonden een activiteit, anderen niet. Een door metastasen van een mammacarcinoom gedestrueerde schouder liet een duidelijk verhoogde temperatuur zien (R $\ddot{o}$ . 19.28.18; fig. 63)

Een gestoord thermogram vonden wij bij een patient met een bekend bronchuscarcinoom van de rechter bovenkwab. (R $\ddot{o}$ . 11.26.94; fig. 88). De vraag of deze temperatuursverhoging een direkt gevolg is van de tumor of van een toegenomen circulatie hebben wij niet kunnen beantwoorden. Een tweede pa-

tient met een met telecobalt behandeld longcarcinoom toonde eveneens een „hot spot” (Rö. 4.84.54; fig. 89). Bij deze laatste patient paste dit warmtebeeld in de door de klinikus overwogen recidieftumor. Opvallend was op het thermogram ook een verhoogde temperatuur in het gebied van het rechter onderveld. Dit gaf aanleiding tot verder onderzoek en er bleek een infiltraat in de rechter onderkwab te zijn (post-stenotisch proces?).

Als incidentele waarneming vonden wij ook een „hot spot” ter plaatse van de rechternierloge bij een Grawitztumor (Rö. 19.55.04).

Ondanks onze geringe ervaring zien wij grote mogelijkheden voor de thermographie van de rug. De anatomische verhoudingen doen dit verwachten. Het verdient aanbeveling bij aandoeningen van de rug het thermografisch onderzoek op te nemen in het onderzoekschema. Door een grotere ervaring met een uitgebreider en wat meer gedifferentieerd materiaal zal een nauwere begrenzing van de indikatiestelling mogelijk worden.

In tegenstelling tot het negatieve oordeel over het gebruik van de thermographie bij de diagnostiek van abdominale aandoeningen en in het bijzonder bij de lokalisatie van de placenta, menen wij, dat ten opzichte van de dorsale thermographie een positiever geluid mogelijk is.



## HOOFDSTUK VII

### DE THERMOGRAPHIE BIJ DE EVALUATIE VAN CHIRURGISCHE OF MEDIKAMENTEUZE THERAPIE.

Het feit, dat de thermographie geen anatomische, maar een zuiver funktionele informatie verstrekt, heeft er al in een vroeg stadium toe geleid de temperatuursmeting te gebruiken voor het onderzoek naar het funktionieren van bepaalde vaatgebieden.

WILLIAMS (1960, 1962) werd, na het punt-voor-punt meten van de temperatuur van de huid van het onderbeen -ter opsporing van insufficiënte venae perforantes bij varices-, gebracht tot het gebruik van de thermographische methode, aanvankelijk voor dit funktionele onderzoek. De punt-voor-punt-meting heeft hij ook bij het mammacarcinoom toegepast.

ROSENBERG en MARCHESE (1963) wijzen op het belang van het tijdig lokaliseren van insufficiënte venae perforantes en de talrijke methoden, die in de literatuur beschreven zijn voor het opsporen hiervan, maar die geen van allen voldoen onder alle omstandigheden. Zij geven toe, dat phlebografie een uitstekend onderzoeksmiddel is, maar zij achten een routine-gebruik ervan met te veel bezwaren verbonden.

Zij beschrijven een door hen ontwikkelde methode, die op thermometrische basis de inkompetente venae perforantes vastlegt aan de hand van de op een schema ingetekende zichtbare en palpabele varices, zowel aan de ventrale als dorsale zijde van de beide onderbenen. Er werden gemiddeld 50 metingen per been gedaan. Hun konklusie uit hun serie van 50 patienten is, dat het aantal gevonden insufficiënte venae perforantes bij aanvullend thermometrisch onderzoek toeneemt en de lokalisatie ervan verbetert.

In 1964 geven ROSENBERG en STEFANIDES een nadere uitwerking van hun methode, nog steeds met behulp van een punt-voor-punt meting met een infrarood-thermometer. Een serie van 118 patienten met een 204-tal metingen wordt geanalyseerd. Hun konklusies zijn gelijk aan die uit 1963; de erop gevolgde operaties duidelijk succesrijker dan zonder deze bepaling.

WILLIAMS brengt (1967, 1969) opnieuw het probleem van de lokalisatie van insufficiënte venae perforantes ter sprake, daarbij thans voor de temperatuurmeting gebruik makend van vloeibare kristallen (zie hoofdstuk VIII), die een kleur verandering tonen op grond van lichtpolarisatie afhankelijk van de tem-

peratuur. Met behulp van cinematografie kunnen de zeer snelle reacties vastgelegd worden en nauwkeurig „getimed“, waardoor zelfs een kwantitatieve analyse tot de mogelijkheden behoort.

BOURJAT (1966) vermeldt het gebruik van de thermographie voor het funktionele onderzoek niet, ofschoon SMESSAERT, BEFELER, HICKS en CONNELL (1965) in een uitvoerige studie voor het beoordelen van de funktionele aspecten van de circulatie in de onderste extremiteiten, op het eenvoudige van de thermographische methode wezen. In hoofdzaak hadden zij aandacht voor de controle van de verbetering van de circulatie na sympathicusblokkade.

HARDERS, HAAN, HEISIG en TILSNER (1967) hebben de thermographie toegepast met betrekking tot het funktionele aspect van de circulatie bij arteriele afsluitingen in het gebied van de onderste extremiteiten vóór en na de proef van RATSCHOW („Lagerungsprobe“). Zij komen tot het oordeel, dat de thermographie op vrij eenvoudige wijze objectieve informaties, die anders slechts veel moeilijker zijn te verkrijgen, kan verschaffen.

GERSHON-COHEN, HABERMAN-BRUESCHKE en BRUESCHKE (1965<sup>i</sup>) geven in hun overzicht aan, dat een funktionele beoordeling uitermate eenvoudig met behulp van de thermographie kan geschieden.

GERSHON-COHEN tesamen met BARNES (1965) en op een andere plaats met HABERMAN (1965) vermeldt de mogelijkheid van het gebruik van de thermographie voor het evalueren van de funktie en van de therapie slechts terloops, terwijl hij in een overzichtsartikel (1967<sup>a</sup>) alleen de vasoconstrictieve werking van nicotine op het perifere vaatstelsel noemt en de dilatatie van de vaten van de mammae door de orale anticonceptiva.

GROS, WEILL, VROUSOS en TURPEL (1967<sup>h</sup>) vermelden als eersten het gerichte gebruik van de thermographie ter evaluatie van de medikamenteuze beïnvloeding van de circulatie op grond van een gericht onderzoek. Hun materiaal beperkt zich tot de cerebrale circulatie.

Ook het beoordelen van de verbetering van de circulatie na een operatieve ingreep - hetzij via ingrepen aan de vaten zelf, hetzij via de sympathicus - is met de thermographie een eenvoudige methode, zelfs kort na die ingreep. Bij een geslaagd zijn van de therapie dient het gestoorde thermogram weer normaal te worden.

PLANIOL, FERREY en FISCHGOLD (1967) zijn van mening, dat na elk thermogram - te zien als iets statisch - een dynamisch onderzoek moet volgen. Daartoe dient het thermographisch onderzoek gekompleteerd te worden met een thermogram na wederopwarmen. De koeling verrichten de auteurs geforceerd; het weer opwarmen geschiedt hetzij spontaan, hetzij met behulp van vasodilatantia per injectionem.



Ook HEERMA VAN VOSS (1969) ziet goede mogelijkheden voor het gebruik van de thermographie bij het evalueren van medikatie.

Het is begrijpelijk, dat de mogelijkheden van de thermographie juist bij de extremiteiten groot zijn. De huidtemperatuur is hier immers direct beïnvloed door de vrij eenvoudige vaatvoorziening (MALI, 1950). Het is daarom aangewezen een thermographisch onderzoek bij circulatie-stoornissen in de extremiteiten te verrichten, zowel vóór als ná toediening van vasodilerende middelen. Het is hierbij natuurlijk van groot belang deze medikamenten per injectie toe te dienen, teneinde resorptie-invloeden uit te sluiten. Bovendien verloopt de reactie sneller.

Niet alleen de therapie bij circulatiestoornissen is thermographisch beoordeelbaar, evenzeer antibakteriële of cytostatische. Het verdwijnen van een „hot spot” is voor het effect daarvan een duidelijke aanwijzing.

MANSFIELD, DODD, WALLACE, KRAMER en CURLEY (1968) hebben dit toegespitst op het beoordelen van het te verwachten resultaat van cytostatische therapie bij het mammacarcinoom.

Op grond van hun preliminaire ervaringen spreken zij de verwachting uit, dat in de toekomst de keuze van het te gebruiken cytostaticum mede door de uitkomsten van de thermographische controle zal geschieden. Zij zien dus een analogie met de gebruikelijke resistentiebepalingen bij antibakteriële therapie.

Wij hebben bij de evaluatie van therapie met drie verschillende onderdelen te maken:

- a) beoordeling van het resultaat na therapie.
- b) beoordeling van het te verwachten resultaat van een bepaalde therapie.
- c) beoordeling van het meest effectieve therapeutikum.

ad a) De therapie kan thermographisch gezien tweeërlei effect hebben:

- 1) een tevoren ongestoord warmtepatroon dient gestoord te worden, doordat de behandeling een bedoeld dusdanig effect heeft op de circulatie (b.v. onderbinding van de A. Carotis interna als therapie bij een aneurysmatische bloeding; Rô. 18.87.44, fig. 90).

- 2) een tevoren gestoord warmtepatroon wordt weer normaal doordat een normale circulatie wordt hersteld (Rô. 20.53.38, fig. 91) of doordat een actief proces verdwijnt (Rô. 18.92.11, fig. 82. en 83.) of geheel verwijderd is.

ad b) De effecten van een bepaalde therapie en daarmee de te verwachten resultaten kunnen door een thermografisch onderzoek beoordeeld worden. Het is hiervoor noodzakelijk, dat het temperatuurspatroon door de afwijking beïnvloed wordt. (fig. 92).

Belangrijke informatie kan op deze wijze bijvoorbeeld verkregen worden over de iontophoretische behandeling met vaatverwijdende middelen van de-

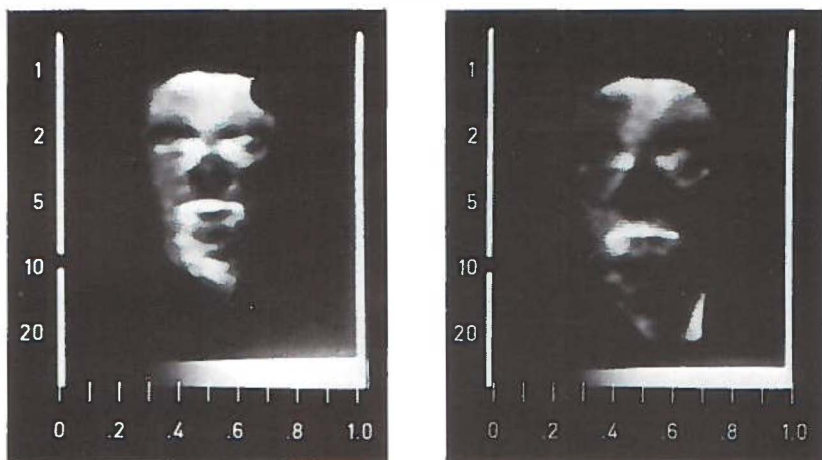


fig. 90: Links: Normaal faciaal thermogram; röntgenologisch: aneurysma van de A. cerebri posterior sin; klinisch: cerebrale bloeding. Rechts: het faciale thermogram toont een koude zône links in het mediale supraorbitale gebied als gevolg van de onderbinding van de A. carotis interna sin (vrouw, 43 jaar; Rø. 18.87.44).

cubitusulceraties of variceuze ulcera. Uit onze geringe serie, waarbij iontophoretisch complamin<sup>x</sup>) wordt ingebracht ter plaatse van deze hardnekkige ulceraties, is gebleken, dat een duidelijke temperatuursstijging na een dergelijke applicatie als regel een gunstige prognose geeft wat betreft de sluiting van het defekt. Meestal is een langer durende serie behandelingen nodig. Indien thermographisch geen temperatuurstoename werd gezien, bleek ook een geruime tijd voortgezette behandeling met iontophorese van complamin géén sluiting van het defekt tot stand te brengen (Rø. 20.30.68, fig. 93).

De grondgedachte voor een dergelijke behandeling is het verbeteren van de plaatselijke doorbloeding. Dat een lokaal effect berust op het medikament en niet op de bij de iontophorese gebruikte bufferoplossing toonden enkele blanco proeven duidelijk aan. Met iontophorese van alleen bufferoplossing werd geen lokale temperatuursstijging waargenomen.

Dat uiteindelijk de verbetering van de circulatie niet gelokaliseerd blijft konden wij ook in enkele gevallen waarnemen, waarbij een sterk gestoord warmtepatroon van de afwijking en diens omgeving, na complamin-iontophorese in veel verdere omgeving duidelijk minder gestoord werd. Bovendien bleek ook de temperatuur elders duidelijk gestegen.

<sup>x</sup>) Complamin<sup>®</sup> (Bauer/Wulfig) is een complexe verbinding van een zwak zuur (nicotinezuur) en een zeer sterke base (oxypropyltheofylline-N<sup>+</sup>).

ad c) Thermographisch kunnen ook snelverlopende processen gevolgd worden, vooral bij een permanent-beeld-projectie. Indien dit beeld op cinéfilm wordt vastgelegd kan de bestudering van de veranderingen vergemakkelijkt worden door van de „slow motion” gebruik te maken. Hier is dan van een echt „funktioneel onderzoek” sprake.

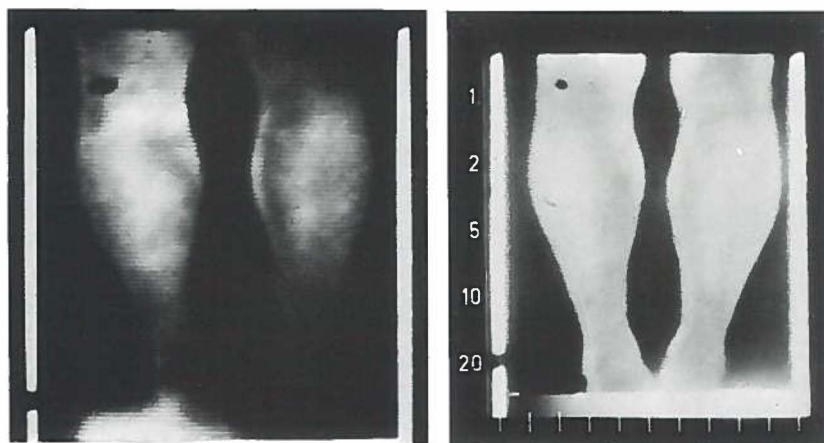


fig. 91: Links: Voor operatie: rechter been duidelijk kouder dan linker door een stop in de A. femoralis superficialis. Rechts: na operatie: geen temperatuurverschil meer tussen links en rechts. Het rechter been is thans ook warm (man, 59 jaar; Rø. 20.53.38).

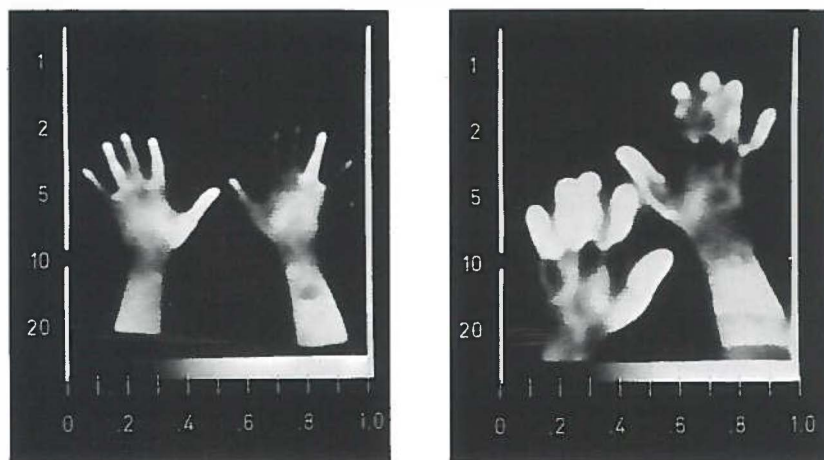


fig. 92: Circulatiestoornis in de linkerhand; links: gestoord thermogram van de linkerhand. Rechts: na gebruik van vasodilantia gedurende 14 dagen is er een duidelijke verbetering opgetreden (vrouw, 25 jaar; Rø. 19.65.33).

Door nu de snelheid waarmee een verandering optreedt en de mate van verandering van diverse medikamenten met elkaar te vergelijken, is het mogelijk het middel met de snelste en sterkste werking te selecteren.

Op grond van de thermographische bevindingen is een advies te geven over het meest effectieve medikament. De keuze kan dus gericht worden. (fig. 94).

Een geheel ander gebied wordt door VAUBEL en DORE (1957) aangeduid door de thermographie te gebruiken bij de bestudering van immunologische en allergische reacties.

Hierover hebben wij geen ervaring.

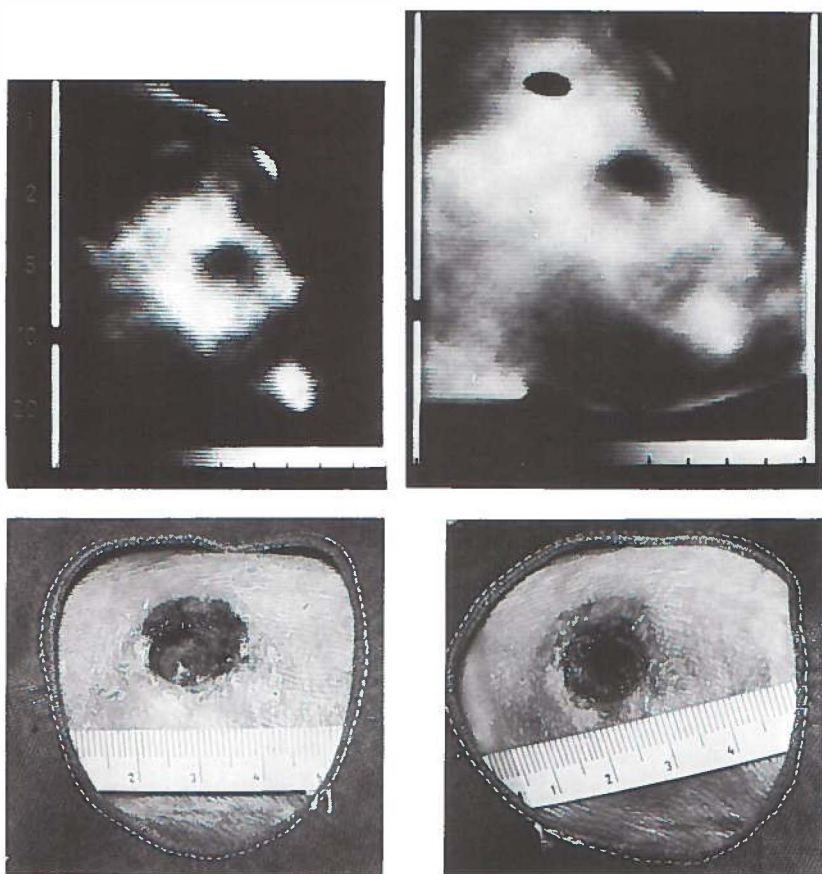
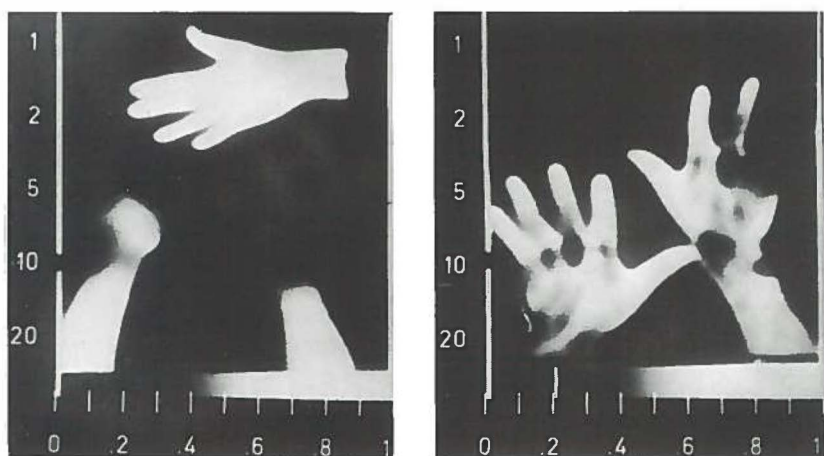


fig. 93: Decubitus op linker bil bij dwarslaesie-patiënte. a: thermogram van het ulcus: centraal koud, weinig reactie er omheen. b: thermogram 10 min. na beëindiging complamin-iontophorese: duidelijke temperatuursstijging. c. ulcus op dezelfde datum als het onderzoek sub a en b. d: ulcus na drie weken behandeling met complamin-iontophorese: diameter duidelijk kleiner (vrouw, 37 jaar; Rô. 20.30.68).



*fig. 94: Klinisch: ernstige Morbus Raynaud. Thermographie: links: sterk gestoord warmtepatroon van beide handen. Tet vergelijking bovenin het beeld van een normale hand, rechts: duidelijke verbetering vijf minuten na intramusculaire injectie van Complamin; derde, vierde en vijfde vinger links blijven echter koud (man, 57 jaar; Rō. 14.51.98).*

De evaluatie van therapie met behulp van de thermographie biedt grote mogelijkheden. De op eenvoudige wijze te verkrijgen informatie kan op geen enkele andere manier worden geleverd. Bovendien is een kwantificeren mogelijk, waardoor een vergelijkingsbasis wordt verkregen.



## HOOFDSTUK VIII

### TOEKOMSTVERWACHTINGEN BETREFFENDE DE THERMOGRAPHIE

#### *1. De opportuniteit van een snelle uitbreiding van de thermographie*

Uit de voorafgaande hoofdstukken komt vanzelf de vraag naar voren of op grond van deze ervaring het zin heeft de toepassing van de thermographie te propageren. Men kan zich eveneens afvragen of een meer algemene toepassing van de thermographie te rechtvaardigen is.

Uit de aanvankelijk zeer grote diversiteit van „indikaties” springen er slechts enkele uit, waar een betrouwbare en nuttige informatie door de thermographie kan worden geleverd.

In de allereerste plaats dient genoemd te worden de evaluatie van een toegepaste therapie als een zeer belangrijk indicatie-gebied.

Vervolgens is het duidelijk, dat de funktionele informaties over de circulatiestoornissen door de thermographische beelden worden verdiept en dat de methode zelf voldoende is gestabiliseerd.

Een verbetering van de informatie omtrent fractuurgenezing, wondgenezing en omtrent de uitgebreidheid van brandwonden is in het huidige stadium wel mogelijk, maar nog onvoldoende uitgewerkt.

Voor intra-abdominale afwijkingen, voor intrathoracale en intracraniele is de thermographie onbruikbaar. De kwantiteit en de kwaliteit van de thermographische informatie is te wisselend. Dit geldt ook voor aandoeningen van de schildklier.

De hierboven vermelde bruikbare thermographie-indikaties liggen allen in het vlak van de diagnosestelling in engere zin.

De thermographie als „screeningmethode”, vooral voor het opsporen van mammacarcinoom, biedt zeer goede vooruitzichten. Ons eigen materiaal levert voldoende ondersteuning, alhoewel een onderzoek met een a-selekte groep nog zal moeten geschieden.

SAMUEL (1969) en SHAW (1969) hebben reeds belangrijke ervaring opgedaan met het periodiek mammathermographisch onderzoek, evenals J.D. WALLACE en medewerkers (1968, 1969, persoonlijke mededeling)

Het op bescheiden schaal meer algemeen gaan toepassen van de thermographie voor het massaonderzoek van de mamma lijkt ons verantwoord.

## *2. Financiële consequenties en organisatie.*

De financiële consequenties zijn echter niet gering, ofschoon enkele thermographie-apparaten onlangs een drastische prijsverlaging hebben ondergaan. Het zijn niet de lopende onkosten, die de thermographie nog tot een „dure” methode stempelen, maar de investeringskosten.

Toch zou organisatorisch een opzet te verwezenlijken zijn, die door een grote produktie een aanmerkelijke verlaging van de kosten per onderzoek te weeg zou kunnen brengen. Een grote moeilijkheid op dit moment voor een grootse organisatorische opzet is het niet beschikbaar zijn van voldoende specialisten, die de thermogrammen zouden kunnen lezen in een adequaat tempo.

Het lijkt echter niet onmogelijk, dat een methode gevonden kan worden, die de eerste „lezing” automatisch - bijvoorbeeld via een computer - doet geschieden. Dit zou een aanmerkelijk geringer aantal specialisten vereisen.

Over de organisatorische en financiële consequenties heeft THOMAS (1969) een globale opstelling gemaakt, die van een zeker pessimisme getuigt. Dezelfde problemen hebben destijds toch eigenlijk ook gegolden voor het opsporen van de tuberculosegevallen via de Consultatiebureaus.

Een vraag is of de grote kosten opwegen tegen de verkregen informatie.

Hierop is geen onmiddellijk antwoord mogelijk. Naast zuiver economische spelen hier natuurlijk niet in maat en getal uit te drukken humanitaire motieven een rol. Zolang de aanschaffingsprijs van de apparatuur tussen de f. 60.000,— en de f. 120.000,— ligt, blijft het onderzoek duur. Maar de winst in tijd en daarmee behandelingsmogelijkheid, die behaald kan worden, lijkt ons wel op te wegen tegen de kosten.

## *3. Geïntegreerd gebruik van de thermographie in de diagnostiek door de röntgenoloog.*

Het is niet mogelijk de thermographie te zien als een diagnosticum op zich. De warmtebeelden als zodanig en de veranderingen daarin zijn in het geheel niet kenmerkend voor enige afwijking. De uiteindelijke diagnose zal langs anderewegengesteld moeten worden. De thermographie kan alleen functionele veranderingen signaleren. Dit kan het vinden van anatomische ten gevolge hebben. Ook reeds gevonden anatomische afwijkingen kunnen functionele veranderingen medebrengen, die de thermographie dan weer zichtbaar maakt.

De thermographie dient dus op één lijn gesteld te worden met laboratorium-onderzoek, met serologisch, bacteriologisch en röntgenologisch onderzoek. Tesaamen met het klinisch onderzoek vormen deze methoden een elkaar completerend geheel.



Daar van de funktionele warmtebeelden in vergelijking met andere patronen nog betrekkelijk weinig bekend is, zal het nuttig en nodig zijn vaker deze temperatuurspatronen vast te leggen, teneinde naast de normale fysiologische variaties ook een beter inzicht te krijgen in de persoonlijke warmtebeelden.

Op deze wijze zal zeker ook individueel een pathologisch beeld sneller waargenomen worden.

De vraag rijst dan onherroepelijk tot welk specialisme de thermographie gerekend dient te worden. Ook kan men vragen of het een apart specialisme is.

Het dient als zijnde een „onderzoek-aan-de-patient” door een medicus met behulp van paramedisch personeel te geschieden.

De historische ontwikkelingsgang heeft de thermographie nagenoeg overal ter wereld bij de radiologie doen belanden (GERSHON-COHEN; GROS; BOURJAT; NOTTER; MELANDER; J. D. WALLACE; DODD; STRAX; SUMERLING; SHAW; HEERMA VAN VOSS; AARTS).

Enkele redenen daarvoor liggen voor de hand:

a) er wordt gebruik gemaakt van elektro-magnetische golven buiten het zichtbare licht. De voor de röntgenstralen en het zichtbare licht geldende fysische wetten zijn ook van toepassing voor het infrarood. Dit zijn de radioloog bekende begrippen. Voor GERSHON-COHEN (1967<sup>a</sup>) is dit geen punt van discussie: „The discipline falls naturally and logically within the province of the radiologist, since it deals with „radiation” similar to X-rays except in wave lengths”.

Ook SEAMAN en LEDWICK vinden het opnemen van thermographiekamers binnen een röntgenafdeling een normale zaak (Scott, 1966).

b) de thermogrammen hebben door hun grijstinten grote gelijkenis met röntgenopnamen. Het denken in deze patronen is de radioloog vertrouwd en geeft een onmiskenbare voorsprong bij de beoordeling van thermogrammen (GERSHON-COHEN, 1967<sup>a</sup>).

c) het parallelisme tussen röntgenologie en thermographie betreffende de „veelzijdigheid”. Evenals de röntgendiagnostiek staat de thermographie niet een enkel specialisme ten dienste.

d) de kostbaarheid van de apparatuur vereist een zo intensief mogelijk gebruik, teneinde een acceptabele en economisch-noodzakelijke rentabiliteit te leveren. Slechts op een centraal gelegen plaats, waar de thermographie voor iedereen ten dienste staat, kan deze rentabiliteit bereikt worden. Dezelfde overwegingen gelden tot op zekere hoogte ook voor de röntgendiagnostiek.

e) in vele gevallen kan een direkte vergelijking met röntgenologische gegevens belangrijk voor de diagnostiek zijn (bij het mammacarcinoom bijvoorbeeld). Een plaatsing in de röntgendiagnostiek-afdeling en in de handen van de radioloog zal dit bevorderen.

f) het leveren van „onafhankelijke” informatie zal het thermographisch onderzoek ten goede komen. Anderzijds zal vaker funktionele informatie gevraagd worden, tesamen met het röntgenonderzoek.

g) als belangrijke reden is ook te beschouwen de ontwikkelingsfase, waarin de thermographie zich bevindt. Zoals uit het voorgaande is gebleken dienen talrijke terreinen diepergaand te worden bestudeerd. Deze studie riep vele problemen op, die in goed opgezette series nader dienen te worden bestudeerd.

Het is dus zaak deze informatie zo geconcentreerd mogelijk te verzamelen. Dit kan uiteraard alleen geschieden door een centripetale richting van het voor thermographie benodigde „patientenmateriaal”.

Aan deze tweeledige eis van „geconcentreerd-massaal” en „centripetaal” voldoet nu in alle opzichten de centrale röntgendiagnostiek-afdeling van een ziekenhuis.

#### *4 Verlangde en verwachte verbeteringen; massaal of individueel gebruik; kleurenthermographie.*

Als toekomstige ontwikkeling kan men zich ten eerste de mogelijkheden „routine” tegenover „incidenteel” en „individueel” ten opzichte van „massa” voorleggen.

De verwachting, dat de thermographie een routine massa-onderzoekmethoden zal worden, is gerechtvaardigd. De eenvoud van de methode en het karakter der informatie wijst eerder naar een primaire onderzoek-methode („screening”) dan naar een sekundair aanvullende methode (individueel, incidenteel).

Er blijven echter wel enkele, vooral technische wensen over. In hun spekulatieve beschouwingen over de toekomstige ontwikkeling gingen BOURJAT (1966), CADE (1968) en WILLIAMS (1964<sup>b,c</sup>; 1967, 1969<sup>b</sup>) hier reeds op in.

Als belangrijke desiderata kunnen worden vermeld:

- 1) de beter oplossend vermogen hebbende detectoren sneller maken, resp.
- 2) de snelle detectoren een beter oplossend vermogen geven.
- 3) verbetering van de infraroodmeting door selektief bepaalde golflengten te kunnen meten. Het is misschien mogelijk op deze wijze een onderscheid te kunnen maken tussen maligne en benigne afwijkingen alleen op grond van het warmtebeeld. Het zal misschien nodig zijn daartoe monochromatisch infra-rood op het te onderzoeken lichaamsdeel te werpen. Hier wordt dus misschien een aanknopng gevonden bij de laser-techniek.
- 4) verbetering van de „dieptemeting”, vermoedelijk eveneens op basis van het gebruiken van externe monochromatische infrarood-bronnen.
- 5) misschien zal het mogelijk blijken een computer zo te voeden dat een eerste „screening” geheel langs elektronische weg kan plaats vinden. Dit zou

een ontwikkeling van de thermographie voor het vroegtijdig opsporen van carcinomen in de hand kunnen werken, in de vorm van consultatie-bureaus.

Andere onderzoeksmethoden krijgen echter door technische vervolmaking weer meer aandacht.

In hoeverre de in 1888 door REINITZER ontdekte semivloeibare cholesterolbenzooatkristallen, ook „liquid crystals” genoemd, van belang zullen zijn bij de verdere ontwikkeling van de thermographie is niet te zeggen. (FERGASON, 1964, 1968; CRISSEY et al., 1964;).

„Het feit, dat het onderzoek van deze vloeibare kristallen gedurende 30 jaar volkomen stil heeft gestaan, illustreert de problematiek van deze onbegrepen vloeibare vaste stof.” Bij een gevoel van reeds alles te weten, hadden de physici grote weerstand tegen deze stof, omdat zij zowel een „vloeibaar kristal” onmogelijk vonden-en dus verzweegen-, als een verschillend smeltpunt voor één en dezelfde stof alleen maar op verontreiniging meenden te kunnen baseren. Het belangrijkste motief was misschien wel het ontbreken van toepassingsgebieden (FERGASON, 1964, 1968).

De fysische eigenschappen ten opzichte van wit en monochromatisch licht kunnen verklaard worden door de opbouw van het vloeibaar kristal, waarbij vooral het z.g. cholesterol-type van belang is voor de thermographie. Deze ondergaan kleurverandering van violet via blauw, groen, geel naar rood en wederom kleurloos bij het verlagen van de temperatuur. De temperatuur, waarbij deze kleurverandering van kleurloos in blauw begint, is afhankelijk van de samenstelling van het mengsel van vloeibare kristallen, evenals het temperatuurstraject tussen violet en rood.

Dit impliceert natuurlijk wel, dat eerst bepaald moet worden welk mengsel gebruikt dient te worden aan de hand van de bestaande huidtemperatuur.

Vooralsnog is de gehele procedure vrij ingewikkeld, maar het gebruik van „liquid crystals” bij het funktionele onderzoek van de circulatie kan de informatie verbeteren, daar kleurveranderingen gemakkelijker visueel waarneembaar zijn dan grijs-nuances. Dit geldt zowel voor directe waarneming als voor een foto. Vooral voor het lokaliseren van centra van verhoogde temperatuur (arteriën, venen, tumoren) kan de methode mogelijk een bijdrage leveren.

Ook met behulp van deze kleuren is het echter (nog) niet mogelijk te differentieren tussen maligne en benigne aandoeningen.

Ofschoon onaangename kanten van een onderzoeksmethode minder zwaar zullen moeten wegen, indien de verkregen informatie in belangrijke mate wordt verbeterd, is de „liquid crystals”-methode vooralsnog niet geschikt voor regelmatige toepassing, en zeker niet voor een „screening”-programma.

Een interessante nieuwe ontwikkeling doet zich voor met betrekking tot de

kleurenthermographie, waarbij het verkregen signaal direkt in een kleur, die dan wezenlijk verband houdt met de temperatuur, wordt omgezet. ASTHEIMER en SCHWARZ (1968) beschrijven een nieuwe detector, door hen aangeduid als „pyro-elektrische detector”, waarbij de temperatuur-gevoeligheid afhankelijk is van de elektrostatische polarisatie. Het signaal kan naar keuze vertaald worden in kleur of in zwart/wit.

BARNES (1968) ziet een grote verbetering in het presenteren van de verschillende isothermen in kleuren, daar het oog gevoeliger is voor kleuren dan voor grijswaarneming. Evenals bij de AGA Thermovision is een kleurweergave nu ook mogelijk bij de Barnes' Thermograph. Een ander type detector is niet nodig.

Een nog interessantere en misschien in de toekomst méér biedende ontwikkeling wordt beschreven door NICHOLS en LAMAR (1968), waarbij gebruik gemaakt wordt van drie detectoren met een elkaar niet overlappend gevoeligheidsbereik: een ongekoelde siliconcel voor het gebied van 0,5 tot 1.0 mikron, een gebruikelijke, met vloeibare stikstof gekoelde InSb-cel voor het bereik van 3.0-5.9 mikron en een met vloeibare Helium gekoelde Hg-gedoopte Germanium-cel (Ge:Hg) voor de golflengten van 8-14 mikron. Het veld van  $20^{\circ}$  bij  $20^{\circ}$  kan in 6 sek. worden afgetast. Het door iedere detektor afzonderlijk geleverde signaal wordt door geëigende filters omgezet in resp. een rood, groen of blauw signaal. Deze drie kleursignalen worden door een optiek weer verenigd tot een licht-sigitaal, waaraan dus door iedere detector proportioneel aan de erdoor waargenomen infrarood-emissie, wordt bijgedragen. De uiteindelijke kleurnuances zijn dus direkt gelieerd aan de temperaturen via de verdeling van de infraroodstraling in het waargenomen spektrum, dat zich uitstrekt van 0.5 tot 14 mikron. In de door de auteurs beschreven apparatuur wordt de golflengte aan de korte kant vertaald in een blauwe kleur, de middellange golflengten in groen en de lange in rood als willekeurige keuze. Doordat drie afzonderlijke detectoren worden gebruikt is de minimum afstand objekt-thermographieapparaat 3 meter. Vanaf deze afstand „zien” de detectoren allen hetzelfde veld, waardoor elk punt ook tegelijk worde „gescand”, zodat een drievoudig signaal van hetzelfde punt wordt ontvangen.

Deze wijze van kleurvertaling van het infrarood-sigitaal is wezenlijk anders dan bij de thans nog in gebruik zijnde methode met filters vóór de film.

De progressie, die de laatste jaren waarneembaar is in zowel betrouwbaarheid, stabiliteit als technische uitvoering van de reeds commercieel verkrijgbare apparatuur, alsmede de aan de gang zijnde ontwikkeling op het gebied der kleurpresentatie en kleurvertaling, maken de toekomstverwachtingen alleen maar positiever. Binnen afzienbare tijd kunnen dan ook belangrijke verbeteringen verwacht worden.





## SAMENVATTING

In de inleiding wordt vermeld welke motieven hebben geleid tot deze studie. Daarna wordt in Hoofdstuk I nader ingegaan op de physiologie van de huidtemperatuur en de daarmee samenhangende problemen. De mogelijkheden tot meting van de huidtemperatuur en de wijze waarop dit kan geschieden beslaat het tweede gedeelte van dit hoofdstuk. Ook wordt nader ingegaan op de thermographie als methode om het warmtepatroon zichtbaar te maken.

Hoofdstuk II geeft een omschrijving van de gang van zaken bij het thermographisch onderzoek, terwijl in het tweede gedeelte van dit hoofdstuk een kort overzicht wordt gegeven van de verkrijgbare apparatuur en de eigenschappen van de verschillende toestellen.

Aan de hand van de literatuur en de eigen ervaring, wordt in hoofdstuk III het thermographisch onderzoek van de mamma besproken. De belangrijkste indicatie is het mammacarcinoom. 82 % à 85 % van de carcinomen blijkt thermographisch opgespoord te kunnen worden, waarvan vele in een zeer vroeg - z.g. praeklinisch - stadium. Thermographie is als „screening-methode” bruikbaar.

Enkele andere mamma-afwijkingen worden als incidentele waarneming vermeld.

Hoofdstuk IV omvat het thermographisch onderzoek van de schedel. De belangrijkste indicatie is de circulatiestoornis in het carotisgebied. Met behulp van het thermogram kan ruim 83 % van de vasculaire stoornissen opgespoord worden. De als „normaal” gekwalificeerde thermogrammen bleken in bijna 97 % bevestiging te vinden in het carotisarteriogram. Voor onderzoek naar intracraniele tumoren is de thermographie ongeschikt. Enkele incidentele waarnemingen worden vermeld.

De circulatiestoornissen in de extremiteiten en de ontstekingen, maligne afwijkingen en de fracturen worden wat hun thermographische aspecten betreft in Hoofdstuk V besproken. De verbrandingen en bevrozingen komen naast enkele incidentele observaties eveneens nader in bespreking.

Ook hier komt de circulatiestoornis als belangrijkste indicatie voor thermographisch onderzoek naar voren. In 96 % kon een op een gestoord thermogram uitgesproken verwachting door röntgenonderzoek bevestigd worden. Ook voor het onderzoek bij de Morbus Raynaud biedt de thermographie belangrijke informatie. Een essentiële bijdrage levert het thermogram bij het bepalen van de grens tussen vitaal en avitaal weefsel bij verbrandingen en be-

vriezingen. De uitbreiding van een maligne afwijking kan thermographisch vaak beter bepaald worden dan röntgenologisch.

Het thermographisch onderzoek van de romp, met uitzondering van de mamma, komt in hoofdstuk VI ter bespreking. Bij het syndroom van Tietze en bij de hernia nuclei pulposi biedt het thermogram belangrijke informatie. Voor het onderzoek van schildklierafwijkingen is de thermographie niet geschikt. Intra-abdominale aandoeningen en de lokalisatie van de placenta zijn ongeschikt voor thermographisch onderzoek. Andere methoden verdienen hier de voorkeur. Enkele incidentele waarnemingen worden vermeld.

Hoofdstuk VII bespreekt de evaluatie van chirurgische of interne therapie met behulp van de thermographie. Hier zijn zowel de eenvoudigheid van de methode als de kwaliteit van de informatie uitermate belangwekkend. De thermographie vindt hier een belangrijk indikatiegebied.

De toekomstverwachtingen en de huidige perspectieven worden in Hoofdstuk VIII besproken. Het lijkt op dit moment nog niet te rechtvaardigen de thermographie voor algemeen gebruik te propageren. Het verdient wel aanbeveling enkele onderzoeken op grotere schaal op te zetten. Een proefopstelling voor massa-onderzoek heeft zeker het stadium van konkretere omlijning bereikt.

In Bijlage I wordt een omschrijving gegeven van de gebruikte terminologie en van de werkdefinities.

Bijlage II geeft een overzicht van de fabrikanten van thermographische apparatuur en hun vertegenwoordigers in Nederland.



## SUMMARY

In the introduction the motives which have led to this study are mentioned. Chapter 1 exposes some aspects of the physiology of dermal temperatures and the problems coherent with this. The second part of this chapter contains the possibilities of measuring dermal temperatures and the way in which this can be executed. Furthermore thermography is discussed as a method of visualizing the heat pattern.

Chapter 2 describes the procedure of the thermographical examination and in the second part of this chapter a short survey is given of the available apparatus and of their various properties.

In chapter 3 a discussion follows on the thermographical examination of the mamma on the basis of literature and of experience of our own. The most important indication is the mammary carcinoma. It appears that 82 to 85 % of the carcinomas can be detected thermographically and many of them at a very early - so called preclinical - stage. Thermography can be used as a screening-method. Some other abnormalities of the mamma are mentioned as incidental observations.

Chapter 4 contains the thermographical examination of the cranium. Circulatory disorders in (the area of) the carotid artery are the most important indications. With the help of the thermogram more than 83 % of vascular abnormalities can be detected. It has appeared that thermograms which were qualified as normal were confirmed in the carotid arteriogram in nearly 97 %. The thermography is unsuitable for investigation of intracranial tumours. Several incidental observations are mentioned.

In chapter 5 the circulatory abnormalities of the extremities and the infections, malignities and fractures are discussed as to their thermographical aspects. Burns and frostbites are also mentioned besides some incidental observations. Here again the circulatory abnormality comes to the fore as an indication for thermographic examination. In nearly 96 % of the cases radiographical examination could confirm the expectation based on a disturbed thermogram.

Furthermore thermography offers important information in the examination of Morbus Raynaud.

An important contribution is given by the thermogram in determining the border between viable and non-viable tissues in burns and frostbites.

The expansion of a malignant process can be determined thermographically often with more success than radiographically.

In chapter 6 the thermographical examination of the trunk with the exception of the mamma is discussed. In cases of Tietze's Disease considerable informa-

tion is offered by the thermogram as well as in cases of hernia nuclei pulposi. It is not suitable for investigation of the thyroid gland and its abnormalities however. For intra-abdominal disorders and placental localization other methods are preferable.

Furthermore some incidental observations are mentioned.

Chapter 7 discusses the evaluation of surgical or internal therapy with the help of thermography. In this domain the simple method and the quality of information are shown to be extremely interesting. Here a considerable field of information is to be discovered by thermography.

In chapter 8 expectations for the future and present-day perspectives are discussed. At the moment it does not seem justified to propagate thermographie for universal use. It is to be recommended however to start several investigations on a larger scale. An experimental setting-up for mass-examination of the mamma has definitely reached the stage of a more concrete delineation.

In appendix 1 a description is given of the terminology we used and of the operational definitions.

Appendix 2 gives a summary of the manufacturers of thermographical machines and their agents in the Netherlands.

## BIJLAGE I

### TERMINOLOGIE EN WERKDEFINITIES

*Bolometer*: warmte-gevoelig element, berustend op het veranderen van de elektrische weerstand van het materiaal onder invloed van en procentueel met de temperatuur.

*Cross-radiation*: infrarood-straling van tegenover elkaar gelegen oppervlakten. Gewoonlijk ontstaat hierdoor een wederzijds opwarmend effect.

$\Delta T$ : gemeten temperatuurverschil tussen twee punten, respectievelijk kleine gebieden.

*Detector*: (infrarood) gevoelig element, dat de opgevangen straling kwantitatief-proportioneel omzet in een elektrisch signaal. Voor wat betreft de thermographische apparatuur is de gevoeligheid beperkt tot het golflengte gebied kleiner dan 20 micron.

*Detectortype*: aard van het infraroodgevoelige element:

- a) selectief: slechts gevoelig voor een beperkt golflengtegebied; meestal snel reagerend op stralingsverandering: „snel type”.
- b) non-selectief: gevoelig voor alle elektro-magnetische trillingen, maar door tussenschakeling van filters voor een bepaald beperkt golflengtegebied aangepast; meestal langzaam reagerend: „traag type”.

*Dewar-vat*: dubbelwandig glazen vat met isolerende werking door luchtleidigheid van de ruimte tussen de wanden.

*Dieptescherpte*: afstand, waarover bij een bepaald focus alle punten scherp worden gezien: elk punt dus als punt afgebeeld.

*Emissiecoëfficiënt of emissiviteit*: symbool  $E_{\lambda T}$ : de verhouding in stralingsintensiteit van een oppervlak voor een bepaalde golflengte  $\lambda$  bij een bepaalde temperatuur  $T$  ten opzichte van die van een zwart lichaam onder dezelfde omstandigheden.

Voor een zwart lichaam geldt, dat de emissie gelijk is aan de absorptie (wet van Kirchhoff) en de emissiviteit gelijk één.

*Focus*: afstandsinstelling van de optiek.

*Germanium-cel (kwik gedoopt)*: (Hg-Ge-cel) infrarood-gevoelig element, berustend op het foto-konductie-effekt, met een gevoeligheid tot 13 mikron. (Astheimer en Wormser, 1959; Conjeaud en Girault, 1967; Herstel, 1969; Jamieson et al., 1963; Nichols et al., 1968; Ovrebo et al., 1959; Stoll et al., 1949; Waard en Wormser, 1959; Wormser, 1968).

*Indium-antimonidecel:* (In-Sb-cel): infrarood gevoelig element van het halfgeleider-type, berustend op het foto-konduktieve effect, met een maximum gevoeligheid bij 5.9 mikron. (Avery, Goodwin en Rennie, 1957; Astheimer en Wormser, 1959; Astheimer en Schwarz, 1968; Borg, 1968; Bjørk, 1967; Cade, 1961, 1964, 1968; Folmer, 1966; Gros, 1967a; Hanwell, 1967; Herstel, 1969; Jamieson et al., 1963; Mansfield et al., 1968; Nichols et al., 1968; Ovrebo et al., 1959; Stoll et al., 1949, 1964; Waard en Wormser, 1959; Wormser, 1968)

*Informatiepunt:* het enkelvoudige punt van waarneming gelegen op een lijn. Zowel het aantal lijnen als het aantal informatiepunten zijn bepaald door het type thermograaf. Hoe langzamer het aftasten geschiedt, hoe meer informatiepunten er gewoonlijk zijn.

*Infrarood-straling:* elektromagnetische trillingen met een golflengte van 0.7 tot 400 mikron. Voor de medische thermographie is het golflengtegebied van 2 tot 15 mikron van belang.

*Isotherm:* denkbeeldige lijn, die alle punten met dezelfde temperatuur verbindt. Bij de medische thermographie worden deze lijnen zichtbaar gemaakt door een verzadigd wit, hetzij in het overzichtsbeeld geprojecteerd, hetzij zonder dit beeld.

Met behulp van de verschillende isothermen is het temperatuurverschil ( $\Delta T$ ) tussen diverse punten of gebieden snel en redelijk nauwkeurig af te lezen.

*Isothermfunktie:* in het apparaat ingebouwde mogelijkheid tot het zichtbaar maken van isothermen.

*Kontraststeilheid:* aantal grijsnuances tussen wit en zwart. Bij grote kontraststeilheid zijn er maar weinig grijsnuances, omgekeerd bij kleine zeer veel.

*Koeling:* de selectieve detectoren moeten gekoeld worden ten einde de eigen ruis te onderdrukken. Hierdoor wordt de signaal-ruis-verhouding gunstig beïnvloed. De InSb-cel wordt gekoeld met vloeibare stikstof ( $-196^{\circ}\text{C}$ ) de Hg: Ge-cel met vloeibaar Helium ( $-236^{\circ}\text{C}$ ).

*Kwadratenwet:* geldend voor alle elektromagnetische trillingen, aangevende, dat de intensiteit der straling vanaf een puntvormige stralingsbron afneemt met het kwadraat der afstand.

*Oplossend vermogen:* geometrisch: kleinste afstand, waarop twee punten van elkaar moeten zijn gelegen om nog afzonderlijk te worden afgebeeld; thermisch: minimum temperatuurverschil, dat nog waargenomen kan worden (= minimum temperatuurdiskriminatie).

*Photo-konduktie:* soort photo-sensitief effect.

*Photo-sensitief effect:* temperatuursbeïnvloeding van photo-konduktie

of anderszins uiteindelijk het effect hebbend van het ontstaan van een elektrische stroom.

*Polariteit*: richting van schakeling, waarbij als regel grotere intensiteit der infraroodstraling als wit licht wordt „vertaald”. Bij omkering der polariteit worden warmere gebieden daarentegen zwart afgebeeld.

*Registrator*: gedeelte van de thermographische apparatuur, waar het elektrische signaal in zichtbaar licht wordt omgezet (en vastgelegd).

„*Scannen*”: (engels: to scan): aftastingsprocedure, waarbij het te onderzoeken object in lijnen wordt verdeeld en elke lijn in een aantal punten. De tijd nodig voor het aftasten van het object is de „scanningtijd”.

*Temperatuursdiskriminatie* (minimum-): kleinste waarneembare temperatuursverschil bij grootste gevoeligheid.

*Temperatuursgevoeligheid*: regelbare grootheid aangevend het temperatuursverschil in graden Celsius weergegeven als wit en als zwart in het thermographische beeld. Synoniem: temperatuursmeetbereik.

*Temperatuursgradient*: synoniem: *temperatuursverval*: toename of afname van de temperatuur in graden Celsius per centimeter afstand ( $^{\circ}\text{C}/\text{cm}$ ).

*Temperatuurstrajekt*: temperatuursverschil tussen koudste en warmste gebied binnen het beeldveld, uitgedrukt in graden Celsius. (Synoniem: temperatuursomvang).

*Thermistor-bolometer*: stralings-gevoelig element berustend op weerstands-verandering onder invloed van de temperatuur, gelijkmatig voor alle golflengten in het infrarood, maar ook in het zichtbare licht. (Brattain en Becker, 1946; Gershon-Cohen et al., 1965b; Gros, 1967; Hanwell, 1967; Herstel, 1969; Jamieson et al., 1963; Mansfield et al., 1968; Nichols et al., 1968; Ovrebo et al., 1959; Stoll et al., 1949, 1964; Waard en Wormser, 1959; Wormser, 1968).

*Thermogram*: het in zwart-wit nuances (of in kleur) vastgelegde warmtepatroon van de huid.

*Thermographie*: methode tot het zichtbaar maken van infrarood-straling en het vastleggen daarvan in een tweedimensionaal beeld. Ten aanzien van de infrarood-straling van de menselijke huid dient de omschrijving: „Medische thermographie”.

*Thermograaf*: instrument voor thermographie.

*Thermogray-scale*: Synoniem: temperatuursgrijschaal; zwart-wit schaal, waarbij temperaturen of temperatuursverschillen in grijsnuances wordt weergegeven. (Bij het weergeven van temperaturen wordt als referentiebron gebruik gemaakt van „zwarte lichamen” met een konstante temperatuur, die telkens  $1^{\circ}\text{C}$  verschil tonen).

*Thermokoppel:* element voor het meten van temperaturen, bestaande uit een brugvormige verbinding van één geleider van het materiaal x tussen de uiteinden van twee andere, die van hetzelfde materiaal y zijn. Bij verwarming van een der soldeerpunten ontstaat een spanningsverschil tussen de beide geleiders proportioneel met het temperatuurverschil tussen beide soldeerpunten.

*Thermozuil:* een serie thermokoppels achter elkaar geschakeld, ter versterking van de spanningsverschillen.

*Totaal aantal temperatuurpunten:* produkt van het aantal informatiepunten per lijn en het aantal lijnen per beeld. Dit produkt geeft dus het totaal aantal waarnemingspunten.

*Veldgrootte:* afmetingen c.q. oppervlak van het afgetaste lichaamsdeel, uitgedrukt in meters lengte en breedte op een afstand van 2 meter. Een andere wijze van het opgeven van de veldgrootte is in bolhoekgraden („radian”), waarbij een focusafstand niet vermeld behoeft te worden.

*Warmtetransportcoëfficiënt:* warmteverplaatsing in kalorien per centimeter en per seconde per graad Celsius (Cal/cm sek °C).

*Zwart lichaam:* (engels „black body”): objekt, waarvan het oppervlak alle opvallende straling integraal absorbeert.

## BIJLAGE II

### NAAMLIJST FABRIKANTEN EN HUN VERTEGENWOORDIGERS IN NEDERLAND

- Thermograph:* fabrikant: Barnes' Engineering Company  
Stanford, Conn. U.S.A.  
vertegenwoordiger: N.V. Optische Ind. De Oude Delft  
Delft.
- Pyroscan:* fabrikant: Smiths' Industries Limited  
Cheltenham, U.K.  
vertegenwoordiger: Fa. H. Stöpler, Utrecht.
- Thermovision:* fabrikant: AGA - Aktie - Bolaget  
Lidingö, Zweden  
vertegenwoordiger: AGA Nederland N.V., Amsterdam
- Bofors*
- I.R. Camera:* fabrikant: A.G. Bofors  
Bofors, Zweden  
vertegenwoordiger: Almara N.V., Amsterdam.  
(Siemens vertegenwoordiging)
- I.R. 815:* fabrikant: Comp. Générale de Télégraphie sans fil,  
C.S.F.  
Orsay, Frankrijk  
vertegenwoordiger: onbekend
- Evaporograph:* fabrikant: Baird Atomic Inc.  
Cambridge, Mass. U.S.A.  
vertegenwoordiger: Baird-Atomic Europe N.V.,  
's-Gravenhage
- L.E.P.:* herkomst: Laboratoires d'Electronique et  
de Physique Appliquée, L.E.P.  
3 Avenue Descartes  
Limeil — Brévannes, Frankrijk.  
vertegenwoordiger: N.V. Philips, Eindhoven.





## LITERATUUR

- AARTS, N.J.M., PUIJLAERT, C.B.A.J., LEYTEN, J. (1966<sup>a</sup>). Thermographie : principe en klinische toepassing.  
Ned.T.Geneesk., 110, 748.
- AARTS, N.J.M. (1966<sup>b</sup>). Faciale thermographie.  
(in druk).
- AARTS, N.J.M. (1967). Some experiences with thermography.  
J.Radiol.Électrol., 48, 76-79.
- AARTS, N.J.M. (1968<sup>a</sup>). Facial thermography.  
Acta radiol.(Stockh.), in druk.
- AARTS, N.J.M. (1968<sup>b</sup>): The use of thermography in the detection of breast cancer.  
Proc. 1st. int. Symposium on the detection of breast cancer, Spa. (in druk).
- AARTS, N.J.M. (1969<sup>a</sup>). The use of thermography in the detection of breast cancer.  
Bibl.radiol. (Basel), 5, 40-52.
- AARTS, N.J.M. (1969<sup>b</sup>). Thermography in malignant and inflammatory diseases of the bones.  
Bibl.radiol. (Basel), 5, 182-190.
- AARTS, N.J.M. (1969<sup>c</sup>). Thermography in the diagnosis of Tietze's disease.  
Bibl.radiol. (Basel), 5, 206-212.
- AGARWAL, G.P., JAIN, S.P., KHANDURI, O.P. (1964). Tietze's syndrome.  
J.Indian med.Ass., 43, 487-491.
- ALBERT, S.M., GLICKMAN, M., KALLISH, M. (1964). Thermography in orthopedics.  
Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 157-170.
- ALVAREZ MOLTENI, R., DEJO BUSTIOS, H., RIVARA RUIZ, G., BERNALES, J.L., HEREDIA H.A., KOGA M., H. (1966): Disminucion regional de la temperatura cutanea en el infarto de miocardio. (Un reflejo viscerocutáneo vasoconstrictor).  
Rev.clin.esp., 101, 48-56.
- ASCHOFF, J., WEVER, R. (1958): Kern und Schale im Wärmehaushalt des Menschen.  
Naturwissenschaften, 45, 477-485.
- ASCHOFF, J., WEVER, E. (1959<sup>a</sup>). Die Anisotropie der Haut für den Wärmetransport.  
Pflügers Arch.ges.Physiol., 269, 130-134.
- ASCHOFF, J., WEVER, R. (1959<sup>b</sup>). Die Abkühlung menschlicher Extremitäten.  
Pflügers Arch.ges.Physiol., 269, 207-213.

- ASTHEIMER, R.W., WORMSER, E.M. (1959). High-speed infrared radiometers. *J. Opt. Soc. Am.*, *49*, 179-187.
- ASTHEIMER, R.W., SCHWARZ, F. (1968). Thermal imaging using pyroelectric detectors. *Appl. Optics.*, *7*, 1687-1695.
- ATKINS, E. (1964). Elevation of body temperature in disease. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, *121*, 26-30.
- AUSTIN, J.J., SAJID, M.H. (1966). Direct thermometry in ophthalmic-internal carotid blood flow. *Arch. Neurol. (Chic.)*, *15*, 376-392.
- AUSUBEL, H., COHEN, B.D., LADUE, J.S. (1959). Tietze's disease of eight years' duration. *New Engl. J. Med.*, *261*, 190.
- VERY, D.G., GOODWIN, D.W., RENNIE, A.E. (1957). New infra-red detectors using indium-antimonide. *J. Sci. Instrum.*, *34*, 394-395.
- BACKLUND, E.O. (1965). Thermography in neurosurgical diagnosis. In: *Excerpta Medica, Int. Congress Series, nr. 93, 171, Amsterdam.*
- BACKLUND, E.O. (1967). Thermography in intracranial lesions. *J. Radiol. Électrol.*, *48*, 39-41.
- BARCROFT, H., BOCK, K.D., HENSEL, H., KITCHIN, A.H. (1955). Die Muskel-durchblutung des Menschen bei indirekter Erwärmung und Abkühlung. *Pflügers Arch. ges. Physiol.*, *261*, 199-210.
- BARNES, R.B., GERSHON-COHEN, J. (1963<sup>a</sup>). Clinical thermography. *J. Amer. med. Ass.*, *185*, 949-952.
- BARNES, R.B., GERSHON-COHEN, J. (1963<sup>b</sup>). Thermomastography. *J. A. Einstein med. Cent.*, *11*, 107-112.
- BARNES, R.B. (1963<sup>c</sup>). Thermography of the human body. *Science*, *140*, 870-877.
- BARNES, R.B., GERSHON-COHEN, J., BRUESCHKE, E.E., HABERMAN J.D. (1964<sup>a</sup>). Application of thermography to clinical medicine. *Med. Biol.*, *14*, 175-183.
- BARNES, R.B. (1964<sup>b</sup>). Thermography. *Ann. N.Y. Acad. Sci.*, *121*, 34-48.
- BARNES, R.B. (1967). Determination of body temperature by infrared emission. *J. appl. Physiol.*, *22*, 1143-1146.
- BARNES, R.B. (1968). Diagnostic thermography. *Appl. Optics.*, *7*, 1673-1685.

BECK, W.C., BERKHEISER, S. (1954). Prominent costal cartilages. (Tietze's syndrome).  
*Surgery*, 35, 762-765.

BECKMANN, L. (1967). Bilddarstellung von Oberflächentemperaturen mit Hilfe der infraroten Eigenstrahlung.  
*J.Radiol.Électrol.*, 48, 35-39.

BILBAO, M.K. (1968). Mammography in normal women.  
*Amer.J.Roentgenol.*, 102, 933-935.

BING, R. (1945). Lehrbuch der Nervenkrankheiten.  
 B.Schwabe und Co-Verlag, Basel.

BIRNBAUM, S.J., KLIOT, D. (1964). Thermography - obstetrical applications.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 209-222.

BIRNBAUM, S.J., KLIOT, D. (1965). Thermoplacentography : placental localization by infrared sensing technics.  
*Obstet. and Gynec.*, 25, 515-519.

BIRNBAUM, S.J. (1966). Breast temperature as a test for pregnancy.  
*Obstet. and Gynec.*, 27, 378-380.

BJØRK, N.A. (1967). Aga thermovision, a high speed infrared camera with instantaneous picture display.  
*J.Radiol.Électrol.*, 48, 30-33.

BOAS, N.F. (1964). Thermography in rheumatoid arthritis.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 223-234.

BORG, S.B. (1968). Thermal imaging with real time picture presentation.  
*Appl.Optics*, 7, 1697-1703.

BOURJAT, P. (1966). De la thermographie médicale.  
 Thèse, Strassbourg.

BOUTRY, G.A. (1967). Premières images obtenues par auto-télévision du corps humain en utilisant son rayonnement dans le domaine de l'infrarouge moyen.  
*J.Radiol.Électrol.*, 48, 24-26.

BRÅNEMARK, P.I. (1965). Infrarödtermografi. Medicinsk användning av värmebildteknik.  
*Spectrum internat.*, 2, 26-40.

BRÅNEMARK, P.I. (1966). Die Infrarotthermographie in der Klinik.  
*Dtsch.med.Wschr.*, 91, 961-962.

BRÅNEMARK, P.I. (1967). Biologic and clinical evaluation of infrared thermography.  
*J.Radiol.Électrol.*, 48, 69-76.

BRÅNEMARK, P.I., NILSSON, K. (1969). Thermographic and microvascular studies of the peripheral circulation.  
*Bibl.radiol. (Basel)*, 5, 130-142.

BRASFIELD, R.D., LAUGHLIN, J.S., SHERMAN, R.S. (1964). Thermography in the management of cancer.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 235-247.

BRASFIELD, R.D., SHERMAN, R.S., LAUGHLIN, J.S. (1965). The role of thermography in the diagnosis of cancer.  
*Progr.Clin.Cancer*, 1, 258-263.

BRATTAIN, W.H., BECKER, J.A. (1946). Thermistor bolometers.  
*J.Optic.Soc.Amer.*, 36, 354.

BRUESCHKE, E.E., HABERMAN, J.D., GERSHON-COHEN, J. (1964). Relative densitometric analysis of thermograms for more precise temperature determinations.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 80-89.

BRUESCHKE, E.E., HABERMAN-BRUESCHKE, J.D., GERSHON-COHEN, J. (1965). Infrared thermoprofile analysis in clinical medicine.  
*Amer.J.med.Electron.*, 4, 65-69.

BRUIN, C., SMOOK, A.H. (1951). Het syndroom van Tietze.  
*Ned.T.Geneesk.*, 95, 2605-2608.

BUCHMÜLLER, K. (1961). Über die ultrarote Emission, Reflexion und Durchlässigkeit der lebenden menschlichen Haut im Spektralbereich.  
*Pflügers Arch.ges.Physiol.*, 272, 360-371.

BURCH, G.E., DEPASQUALE, N.P. (1964). Tietze's disease.  
*Geriatrics.*, 19, 61-66.

BUWALDA, G. (1969<sup>a</sup>). Vascular disorders in leg-arteries approached by means of thermography.  
*Bibl.radiol.(Basel)*, 5, 121-126.

BUWALDA, G. (1969<sup>b</sup>). Thermographic assessment of burns and frostbite.  
*Bibl.radiol.(Basel)*, 5, 178-181.

BUWALDA, G. (1969<sup>c</sup>). Possible applications of thermography in acute abdominal conditions.  
*Bibl.radiol.(Basel)*, 5, 198-200.

BYRNE, W., IBEN, A.B. (1964). Tietze's syndrome.  
*Virginiamed. Mth.*, 91, 295-297.

CADE, C.M. (1961). Seeing by heatwaves.  
*Discovery*, nr. 10, 432-437.

CADE, C.M. (1964). High speed thermography.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 71-79.

CADE, C.M. (1965). Clinical applications of thermography.  
 In : H.Stöpler, Ia/Juni.

CADE, C.M. (-). Human radiation as a medical tool.  
 In : Monograph Portland Plastics Ltd. Ref. no. P. 3022.

CADE, C.M. (1968). Principles and practice of clinical thermography.  
*Radiography*, **34**, 23-34.

CALABRO, J.J., MARCHESANO, J.M. (1966<sup>a</sup>). Tietze's syndrome.  
*GP (Kansas)*, **33**, 101-105.

CALABRO, J.J., MARCHESANO, J.M. (1966<sup>b</sup>). Tietze's syndrome : report of a case with juvenile onset.  
*J.Pediat.*, **68**, 985-987.

CANNON, P., KEATINGE, W.R. (1960). The metabolic rate and heat loss of fat and thin men in heat balance in cold and warm water.  
*J.Physiol. (Lond.)*, 329-344.

CONJEAUD, P., GIRAULT, P. (1967). Thermographie rapide à grande sensibilité.  
*J.Radiol.Électrol.*, **48**, 27-30.

CONNELL jr., J.F., MORGAN, E., ROUSSELOT, L.M. (1964). Thermography in trauma.  
*Ann.N.Y. Acad.Sci.*, **121**, 171-176.

CONNELL jr., J.F., RUZICKA, F.F., GROSSI, C.E., OSBORNE, A.W., CONIF, A.J. (1966). Thermography in the detection of breast cancer.  
*Cancer (Philad.)*, **19**, 83-88.

COOPER, T., RANDALL, W.C., HERTZMAN, A.B. (1959). Vascular convection of heat from active muscle to overlying skin.  
*J.appl.Physiol.*, **14**, 207-211.

COSH, J.A., RING, E.F.J. (1967). Techniques of heat detection used in the assessment of rheumatic diseases.  
*J.Radiol.Électrol.*, **48**, 84-89.

CRILE, G.J. (1961). Heat as an adjunct to the treatment of cancer.  
*Cleveland Clin.Quart.*, **28**, 75-87.

CRISSEY, J.T., GORDY, E., FERGASON, J.L., LYMAN, R.B. (1964). A new technic for the demonstration of skin temperature patterns.  
*J.invest.Derm.*, **43**, 89-91.

CRISSEY, J.T., FERGASON, J.L., BETTENHAUSEN, J.M. (1965). Cutaneous thermography with liquid crystals.  
*J.invest.Derm.*, **45**, 329-333.

CZERNY, M. (1929). Über Photographie in Ultraroten.  
*Z.Physik.*, **53**, 1-12.

DODD, G.D., WALLACE, J.D. (1968). The venous diameter ratio in radiographic diagnosis of breast cancer.  
*Radiology*, **90**, 900-904.

- DORE, J.F., VAUBEL, U.E. (1967). Applications de la thermographie à l'immunologie - II.  
J.Radiol.Électrol., 48, 65-68.
- DRÜBEN, W. (1952). Das Tietzesyndrom und seine differentialdiagnostische Bedeutung.  
Dtsch.med.Wschr., 77, 872-875.
- EDEIKEN, J., WALLACE, J.D., CURLEY, R.F., LEE, S. (1968). Thermography and herniated lumbar disks.  
Amer.J.Roentgenol., 102, 790-796.
- Editorial : (1966). Thermographie.  
Geneesk.Gids, 44, 264.
- ELAM, R., GOODWIN, D.W., WILLIAMS, K.L. (1963). Optical properties of the human epidermis.  
Nature (Lond.), 198, 1001-1002.
- EVANS, G., EAMES, R.O. (1942). Tietze's disease a nutritional deficiency?  
Brit.med.J., ii, 352.
- FARRELL, C., WALLACE, J.D., EDEIKEN, J. (1968). Thermography and osteosarcoma.  
Radiology, 90, 792-793.
- FERGASON, J.L. (1964). Liquid crystals.  
Sci.Amer., 211, 76-86.
- FERGASON, J.L. (1968). Liquid crystals in nondestructive testing.  
Appl.Optics, 7, 1729-1737.
- FIEGEL, G., KELLING, H.W. (1963). Das chondrokostal-präkordial-Syndrom.  
Med.Klin., 58, 89.
- FISCHGOLD, H. (1966). La thermographie médicale.  
Presse méd., 74, 1965.
- FISHER, C.M. (1963). Cerebral arterial occlusion — Remarks on pathology, pathophysiology and diagnosis.  
Clin.Neurosurg., 9, 88-105.
- FOLMER, C. (1966). Meting van temperaturen van stroomgeleiders.  
Polytechn.T., 21, 892E-894E.
- FREUNDLICH, J.M., WALLACE, J.D., DODD, G.D. (1968). Thermography and the venous diameter ratio in the detection of the non-palpable breast carcinoma.  
Amer.J.Roentgenol., 102, 927-932.
- FREY, G.H. (1965). Tietze's syndrome. A new entity in the differential diagnosis of anterior chest wall swelling.  
Arch.Surg., 73, 951-954.

GANDY, A., COURTIAL, J., LEMARQUAND, G., CONJEAUD, P., GIRAULT, P. (1965). Les caméras à infra-rouge serviront-elles au diagnostic des tumeurs? Rapport préliminaire. Presse méd., 73, 629-632.

GANDY, A., COURTIAL, J., BETSCH, C., LEMARQUAND, G. (1967). Thermographie rapide à grande sensibilité. III. Essai d'application au diagnostic des tumeurs mammaires. J.Radiol.Électrol., 48, 52-54.

GERSHON-COHEN, J., HABERMAN, J.D. (1964<sup>a</sup>). Thermography. Radiology, 82, 280-285.

GERSHON-COHEN, J., BERGER, S.M., HABERMAN, J.D., BARNES, R.B. (1964<sup>b</sup>). Thermography of the breast. Amer.J.Roentgenol., 91, 919-926.

GERSHON-COHEN, J., HABERMAN, J.D., BERGER, S.M., BARNES, R.B. (1964<sup>c</sup>). Newer technics in the detection and the diagnosis of breast cancer. Mammography and thermography. Proc.nat.Cancer Conf., 5, 165-173.

GERSHON-COHEN, J. (1964<sup>d</sup>). Early detection of breast cancer by mammography and thermography. R.I.med.J., 47, 284-285.

GERSHON-COHEN, J. (1964<sup>e</sup>). A short history of medical thermometry. Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 4-11.

GERSHON-COHEN, J., BERGER, S.M., HABERMAN, J.D., BRUESCHKE, E.E. (1964<sup>f</sup>). Advances in thermography and mammography. Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 283-300.

GERSHON-COHEN, J., HABERMAN, J.D. (1965<sup>a</sup>). Medical thermography. Amer.J.Roentgenol., 94, 735-740.

GERSHON-COHEN, J., HABERMAN-BRUESCHKE, J.D., BRUESCHKE, E.E. (1965<sup>b</sup>). Medical thermography : a summary of current status. Radiol.Clin.N.Amer., 3, 403-431.

GERSHON-COHEN, J., BARNES, R.B. (1965<sup>c</sup>). Thermografie. Gevaert Röntgen-Bull., 12-16.

GERSHON-COHEN, J., HABERMAN-BRUESCHKE, J.D., BRUESCHKE, E.E. (1965<sup>d</sup>). Obstetric and gynecologic thermography. Obstet. and Gynec., 26, 842-847.

GERSHON-COHEN, J. (1967<sup>a</sup>). Medical thermography. Sci.Amer., 216, 94-102.

GERSHON-COHEN, J., INGLEBY, H., BERGER, S.M., FORMAN, M., CURCIO, B.M. (1967<sup>b</sup>). Mammographic screening for breast cancer. Radiology, 88, 663-667.

GERSHON-COHEN, J. (1967<sup>c</sup>). Breast-diseases : newer radiologic aids.  
 Tex.Med., 63, 48-51.

GERSHON-COHEN, J., HABERMAN-BRUESCHKE, J.D., BRUESCHKE, E.E.  
 (1967<sup>d</sup>). Medical thermography.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 12-24.

GILBERTSEN, V.A., (1966). Improving breast cancer prognosis.  
 Geriatrics, 21, 128-132.

GILL, A.M., JONES, R.A., POLLAK, L. (1942). Tietze's disease : non-suppurative  
 non-specific swelling of rib cartilage.  
 Brit.med.J., ii, 155-156.

GLASER, E.M., BERRIDGE, F.R., PRIOR, K.M. (1950). Effects of heat and cold on  
 the distribution of blood within the human body.  
 Clin.Sci., 9, 181- 187.

GOLDBERG, H.I., HEINZ, E.R., TAVERAS, J.M. (1966). Thermography in neurolo-  
 gical patients.  
 Acta radiol. (Stockh.), 5, 786-795.

GORTENUTI, G., RAVASINI, R., POZZA, F., PISTOLESI, G.F. (1968). La termo-  
 grafia medica: un nuovo apporto alla diagnosi precoce del cancro della mam-  
 mella?  
 Acta chir.ital., 24, 1-61.

GROS, C., VROUSOS, C. (1966<sup>a</sup>). Thermographie médicale.  
 Presseméd., 74, 2902-2905.

GROS, C., WACKENHEIM, A. (1966<sup>b</sup>). Thermographie.  
 J.Radiol.Électrol., 47, 178-179.

GROS, C. (1967<sup>a</sup>). Discours inaugural du symposium de thermographie.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 1-11.

GROS, C., WACKENHEIM, A., VROUSOS, C. (1967<sup>b</sup>). La thermographie dans  
 les affections du système nerveux.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 45-47.

GROS, C., WALTER, J.P., DELLENBACH, P. (1967<sup>c</sup>). Indications respectives de  
 la thermographie placentaire et de la radiographie du placenta.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 50-51.

GROS, C. (1967<sup>d</sup>). Thermogrammes mammaires.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 55-60.

GROS, C., KEILING, R., VROUSOS, C. (1967<sup>e</sup>). Apport de la thermographie  
 dans le diagnostic de localisation et d'extension dans les affections malignes.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 89-92.

GROS, C., ALT, J., VROUSOS, C., BASSET, A. (1967<sup>f</sup>). Quelques aspects ther-  
 mographiques en dermatologie.  
 J.Radiol.Électrol., 48, 93-95.



GROS, C., BRONNER, A., VROUSOS, C. (1967g). Thermographie en ophthalmologie.

J.Radiol.Électrol., 48, 95-97.

GROS, C., WEILL, J., VROUSOS, C., TURPEL, A. (1967<sup>h</sup>). Possibilités d'un contrôle d'action médicamenteuse circulatoire.

J.Radiol.Électrol., 48, 97-98.

GROS, C., WACKENHEIM, A., BOURJAT, P. (1968<sup>a</sup>). La thermographie en pathologie vasculaire.

J.Radiol.Électrol., 49, 123-125.

GROS, C.L., GAUTHERIE, M., BOURJAT, P. (1968<sup>b</sup>). Conception d'une salle de thermographie médicale.

J.Radiol.Électrol., 49, 371-372.

GROS, C., BOURJAT, P., SOUTTER, J. (1968<sup>c</sup>). L'exploration thermographique du corps thyroïde.

J.Radiol.Électrol., 49, 791-798.

GROS, C., GAUTHERIE, M., BOURJAT, P. (1968<sup>d</sup>). Principe de la thermographie infrarouge appliquée à surface cutanée.

J.Radiol.Électrol., 49, 937-944.

GROS, C., GAUTHERIE, M., BOURJAT, P., VROUSOS, C. (1969). Thermographie des affections mammaires.

Bibl.radiol. (Basel), 5, 68-81.

HAAGENSEN, C.D. (1956). Diseases of the breast.

W.B. Saunders Comp., Philadelphia o.a. blz. 129, 336, 341.

HAAS, W.H.D. de (1952). De ziekte van Tietze.

Ned.T.Geneesk., 96, 254-256.

HABERMAN, J.D., EHRLICH, G.E., LEVENSON, C. (1968). Thermography in rheumatic diseases.

Arch.phys.Med., 49, 187-192.

HABERMAN-BRUESCHKE, J.D., GERSHON-COHEN, J. (1964). Thermographic localisation of the placental site.

J.A.Einstein med. Cent., 12, 248-254.

HANDLEY, R.S. (1962). The temperature of breast tumours as a possible guide to prognosis.

Acta Un.int.Cancr., 18, 822.

HANDLEY, R.S., WILLIAMS, K.L. (1963). The use of infra-red measurements in the detection and study of superficial tumours.

In : 13de Jaarboek Kankeronderzoek en Kankerbestrijding, de Bussy, Amsterdam. 63-64.

HANWELL, A.E. (1967). Fundamental limitations in the design of thermal scanners.

J.Radiol.Électrol., 48, 34.

HARDERS, H., HAAN, D., HEISIG, N., TILSNER, V. (1967). Zur Objektivierung der Lagerungsprobe nach Ratschow durch die Infrarotthermographie.

Angiologica (Basel), 4, 105-115.

HARDY, J.D. (1934<sup>a</sup>). The radiation of heat from the human body. I. An instrument for measuring the radiation and surface temperature of the skin.

J.clin.Invest., 13, 593-604.

HARDY, J.D. (1934<sup>b</sup>). The radiation of heat from the human body. II. A comparison of some methods of measurement.

J.clin.Invest., 13, 605-614.

HARDY, J.D. (1934<sup>c</sup>). The radiation of heat from the human body. III. The human skin as a black-body radiator.

J.clin.Invest., 13, 615-620.

HARDY, J.D. (1934<sup>d</sup>). The radiation of heat from the human body. IV. The emission, reflection and transmission of I.R. radiation by the human skin.

J.clin.Invest., 13, 817-831.

HARDY, J.D. (1936). The radiation of heat from the human body. V. The transmission of infrared radiation through skin.

J.clin.Invest., 15, 1-9.

HARDY, J.D. (1939). The radiating power of human skin in the infra-red.

Amer. J. Physiol., 127, 454-463.

HARRIS, D.L., GREENING, W.P., AICHROTH, P.M. (1966). Infrared in the diagnosis of a lump in the breast.

Brit.J.Cancer, 20, 710-721.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1967). Some experiences with thermography.

J.Radiol.Électrol., 48, 79-84.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>a</sup>). Currently available thermographic equipment.

Bibl.radiol., (Basel), 5, 29-39.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>b</sup>). Thermographic differentiation of vascular diseases of the arms.

Bibl.radiol. (Basel), 5, 143-151.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>c</sup>). Functional aspects of thermography in the study of vascular insufficiency.

Bibl.radiol. (Basel), 5, 160-167.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>d</sup>). Thermographic studies on superficial tumours of the central nervous system.

Bibl.radiol. (Basel), 5, 168-176.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>e</sup>). Thermographic localization of the placenta.  
 Bibl.radiol.(Basel), 5, 191-197.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>f</sup>). Thermographic studies of the thyroid gland.  
 Bibl.radiol.(Basel), 5, 201-205.

HEERMA VAN VOSS, S.F.C. (1969<sup>g</sup>). Thermographic registration of effect of drugs.  
 Bibl.radiol.(Basel), 5, 213-218.

HEINZ, E.R., GOLDBERG, H.I., TAVERAS, J.M. (1964). Experiences with thermography in neurological patients.  
 Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 177-189.

HENSEL, H. (1952). Physiologie der Thermoreception.  
 Ergebn.Physiol., 47, 166-368.

HERSCHEL, W. (1800). Observations of the powers of prismatic colours to heat and illuminate objects.  
 Phil.Trans.B., 90, 255-283.

HERSTEL, W. (1969). Fundamental physical aspects of thermography.  
 Bibl.radiol.(Basel), 5, 22-28.

HERTZMAN, A.B., RANDALL, W.C. (1948). Regional differences in the basal and maximal rates of blood flow in the skin.  
 J.appl.Physiol., 1, 234-241.

HIBBARD, B.M. (1962). The diagnosis of placenta praevia with radio-active isotopes.  
 Proc.roy.Soc.Med., 55, 640-642.

HITCHCOCK, C.R., HICKOK, D.F., SOUCHERAY, J., MOULTON, T., BAKER, R.C. (1968). Thermography in mass screening for occult breast cancer.  
 J.Amer.med.Ass., 204, 99-102.

HOFFMAN, L., DIMATTIA, A. (1964). Clinical use of the infrared thermogram.  
 Arch.intern.Med., 113, 218-224.

HOFFMAN, R.L. (1964). The responsibility of the gynecologist in the diagnosis of breast disorders.  
 Amer.J.Obstet.Gynec., 89, 296-303.

HOFFMAN, R.L. (1967). Thermography in the detection of breast malignancy.  
 Amer.J.Obstet.Gynec., 98, 681-686.

HORST, J.N.v.d. (1958). De normale reactie van de huidtemperatuur van de mens bij wisselende omgevingstemperaturen.  
 Dissertatie, Utrecht.

ISARD, H.J., SHILO, R. (1968). Breast thermography.  
 Amer.J.Roentgenol., 103, 921-925.

JACOBS, J.E., CONNERS, J.J. (1959). Tietze's syndrome associated with paroxysmal recurrent tachycardia.

Sth.med.J.(Bgham, Ala), 52, 774-777.

JAMIESON, J.A., McFEE, R.H., PLASS, G.N., GRUBE, R.H., RICHARDS, R.G. (1963).

Infrared physics and engineering.

McGraw-Hill Book company Inc., New-York-Toronto-London.

JOHNSON, P.M., BRAGG, D.G., SCIARRA, J.J. (1966). Placental localization : a comparison of radiopharmaceutic and thermographic methods.

Amer.J.Roentgenol., 96, 681-689.

JONES, C.H. (1969). Interpretation problems in thermography of the female breast.

Bibl.radiol.(Basel), 5, 96-108.

KAUFMAN, W.C., PITTMAN jr., J.C. (1966). Quantitative radiometric measurements of skin temperature.

J.appl.Physiol., 21, 302-304.

KAYSER, H.L.(1956). Tietze's syndrome : review of the literature.

Amer.J.Med., 21, 982-988.

KENNEDY, A.C. (1957). Tietze's syndrome: an unusual cause of chest wall swelling.

Scot.med.J., 2, 363.

KLIOT, D.A., BIRNBAUM, S.J.(1965). Thermographic studies of wound healing.

Amer.J.Obstet.Gynec., 93, 515-521.

KRISHAN, I., SINGH, A. (1966). Tietze's syndrome.

J.Indian med.Ass., 46, 37-38.

KUHN, R.A.(1966). Effect of cyclandelate upon cerebral blood flow in patients with „stroke“.

Angiology, 17, 422-430.

KUPSCH, D. (1965). Die Tietzesche Erkrankung in der Sicht des Röntgenologen.

Dtsch.Gesundh.Wes., 20, 390-393.

KUTZSCHER, E.W., ZIMMERMANN, K.H. (1968). A scanning infrared inspection system applied to nondestructive testing of bonded aerospace structures.

Appl.Optics, 7, 1715-1720.

LAMPERT, H., EIGEL, M.(1964). Untersuchungen über das Hauttemperaturprofil des gesunden und kranken Menschen auf Grund von Messungen der Ultra-rotstrahlungen.

Elektromedizin, 9, 13-20.

- LANE, W.Z.(1964). Thermography in diseases of the thorax.  
Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 190-208.
- LAWSON, R.N.(1956). Implications of surface temperatures in the diagnosis of breast cancer.  
Canad.med.Ass.J., 75, 309-310.
- LAWSON, R.N.(1957). Thermography — a new tool in the investigation of breast lesions.  
Canad.Serv.med.J., 13, 517-519.
- LAWSON, R.N.(1958). A new infrared imaging device.  
Canad.med.Ass.J., 79, 402-403.
- LAWSON, R.N., WLODEK, G.D., WEBSTER, D.R.(1961). Thermographic assessment of burns and frostbite.  
Canad.med.Ass.J., 84, 1129-1131.
- LAWSON, R.N., CHUGHTAI, M.S.(1963). Breast cancer and body temperature.  
Canad.med.Ass.J., 88, 68-70.
- LAWSON, R.N.(1964<sup>a</sup>). Early applications of thermography.  
Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 31-33.
- LAWSON, R.N., GASTON, J.P.(1964<sup>b</sup>). Temperature measurements of localised pathological processes.  
Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 90-98.
- LEGER, L., MOINNEREAU, R.(1950). Tuméfaction douloureuse de la jonction chondrocostale (Syndrome de Tietze).  
Presse méd., 58, 336-337.
- LEPAGE, F., RAVINA, J.H., SUREAU, C., CONJEAUD, P., GIRAULT, P.(1965). Applications médicales de la thermographie. Essai de localisation placentaire.  
Presse méd., 73, 625-627.
- LEPAGE, F., RAVINA, J.H., SUREAU, C.(1967). Thermographie placentaire et thermométrie utérine.  
J.Radiol.Électrol., 48, 47-49.
- LEWISON, E.F.(1964). The need for early diagnosis in improving the results of surgery in breast cancer.  
Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 267-271.
- LIPMANN, F.(1946). Metabolic process patterns. In : Currents in biochemical research, pp. 137-148. Editor : D.E. Green. Interscience Publishers, Inc., New York.
- LOGHEM, J.J.VAN(1950). Algemene gezondheidsleer.  
Kosmos, Amsterdam.
- LUYK, J.H. VAN, VERMEULEN, F.E., WIJFFELS, C.C.S.M.(1968). Diagnostiek en behandeling bij dreigende cerebrovasculaire stoornissen door afsluitende

processen in de grote extra-craniele vaten. Ervaringen met chirurgische therapie.

Ned.T.Geneesk., 112, 8-15.

McCLURE BROWNE, J., VEALL, N.(1953). The maternal placental blood flow in normotensive and hypertensive women.

J.Obstet.Gynaec.Brit.Cwlt., 60, 141-147.

MCDANIEL, G.W., ROBINSON, D.Z. (1962). Thermal imaging by means of the evapograph.

Appl.Optics., 1, 311-324.

MACDONALD, I.(1966). The natural history of mammary carcinoma.

Amer.J.Surg., 111, 435-442.

MAGGIORE, E. (1965). La sindrome di Tietze. Considerazioni clinico-patogenetiche e presentazione di tre casi.

Gazz.int.Med.Chir., 70, 361-376.

MALI, J.W.H. (1950). Een klinisch en experimenteel onderzoek bij gegeneraliseerde dermatosen en erythrodermieën.

Dissertatie, Utrecht.

MALI, J.W.H.(1951). De temperatuur van het lichaamsoppervlak.

Ned.T.Geneesk., 95, 1544-1555.

MALI, J.W.H. (1952). Influence of generalized inflammations of the skin on the surface temperature and on the basal metabolism rate.

Dermatologica (Basel), 104, 19-43.

MALI, J.W.H. (1969). Some physiological aspects of the temperature of the body surface.

Bibl.radiol. (Basel), 5, 8-21.

MANSFIELD, C.M., DODD, G.D., WALLACE, J.D., KRAMER, S., CURLEY, R.F. (1968). Use of heat-sensing devices in cancer therapy. A preliminary study.

Radiology, 97, 673-678.

MARKIEWICZ, M., BEDNARZEWSKI, J. (1965). Skin temperature on the anterior chest wall in myocardial infarction.

Pol.Tyg.lek., 20, 1893-1896.

MASSOPUST, L.C., GARDNER, W.D. (1953). The infrared phlebogram in the diagnosis of breast complaints. An analysis of 1200 cases.

Surg.Gynec.Obstet., 97, 619-626.

MAWDSLEY, C., SAMUEL, E., SUMERLING, M.D., YOUNG, G.B. (1968). Thermography in occlusive cerebrovascular diseases.

Brit.med.J., iii, 521-524.

MELANDER, O., NOTTER, G. (1967<sup>a</sup>). Le diagnostic par thermographie dans les affections du sein. (Communication préliminaire).

J.Radiol.Électrol., 48, 672-676.

- MELANDER, O., NOTTER, G., BORG, S.B. (1967<sup>b</sup>). Advances in thermography by using real time presentation in the diagnosis of breast cancer. Proc. 7th int.conf. on medical and biological engineering, Stockholm.
- MINARD, D., COPMAN, L., DASLER, A.R. (1964). Elevation of body temperature in health. Ann.N.Y. Acad.Sci., 121, 12-25.
- MINKLER, D. (1967). Commentaar op voordracht R.L. Hoffman. Amer.J.Obstet.Gynec., 98, 685-686.
- MLADICK, R., GEORGIADIS, N., THORNE, F. (1966). A clinical evaluation of the use of thermography in determining degree of burn injury. Plast. reconstr.Surg., 38, 512-518.
- MONNEROT-DUMAINE (1964). La thermographie du corps humain. Presse méd., 72, 191-192.
- MOSS, N.H. (1964). Early experiences with abdominal thermography. Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 255-266.
- MOTULSKY, A.G., ROHN, R.J. (1953). Tietze's syndrome. Cause of chest pain and chest wall swelling. J.Amer.med.Ass., 152, 504-506.
- NICHOLS, L.W., LAMAR, J. (1968). Conversion of infrared images to visible in color. Appl.Optics, 7, 1757-1762.
- NIEVELSTEIN, J.T.K.G. (1968). De isodens-techniek of fluïdografie bij het röntgenonderzoek van de mamma. Dissertatie, Leiden.
- NIEVELSTEIN, J.T.K.G. (1969). Technique, diagnostic possibilities and results of roentgenmammography. Bibl.radiol.(Basel), 5, 53-61.
- NIX, J.T., ALBERT, M.A. (1955). The surgical management of Tietze's syndrome. J.La med.Soc., 10, 452-453.
- NOTTER, G., MELANDER, O. (1966). Thermographische Untersuchung bei Erkrankungen der Brustdrüse. Fortschr.Röntgenstr., 105, 657-664.
- OVREBO, P.J., SAWYER, R.R., OSTERGREN, R.H., POWELL, R.W., WOODCOCK, E.L. (1959). Industrial, technical and medical applications of infrared techniques. Proc.I.R.E., 47, 1629-1645.
- PAI, K.N., KINI, P.M. (1964). The rib syndrome. J.Ass.Phycns India, 12, 669-675.

- PLANIOL, T., FERREY, G., FISCHGOLD, H. (1967). Essais préliminaires d'une technique thermographique.  
J.Radiol.Électrol., 48, 41-45.
- PISTOLESI, G.F., CHIEREGATO, G.C., OLIVOTTO, R., DALLA PLAMA, F. (1967). La termografia nello studio delle angiopatie di interesse dermatologico.  
Folia angiolo.(Pisa), 2, 1-48.
- RAADT, W.G.P. de (1952). De ziekte van Tietze.  
Ned.T.Geneesk., 96, 1472.
- RAMSEY, F.M. (1962). Circulation in the intervillous space of the primate placenta.  
Amer.J.Obstet.Gynec., 84, 1649-1663.
- REIN, H. (1931). Vasomotorische Regulationen.  
Ergebn.Physiol., 32, 28-72.
- RONCHESE, F. (1937). Infra-red photography in the diagnosis of vascular tumors.  
Amer.J.Surg., 37, 475-477.
- ROSENBERG, N., MARCHESE, F.P. (1963). Perforator vein localization by heat emission detection.  
Surgery, 53, 575-578.
- ROSENBERG, N., STEFANIDES, A. (1964). Thermography in the management of varicose veins and venous insufficiency.  
Ann.N.Y.Acad.Sci., 121, 113-117.
- SAMUEL, E., YOUNG, B. (1969). Experiences with Aga thermovision in breast disease and survey programmes.  
Bibl.radiol. (Basel), 5, 82-95.
- SANDERS, G.B. (1966). Mammography, biopsy and „the lump”.  
J.Ky med.Ass., 64, 643-647.
- SCHULTE, B.P.M., AARTS, N.J.M. (1968). Faciale thermografie in de neurologische kliniek.  
Ned.T.Geneesk., 112, 350-352.
- SCHULZ, H.U. (1963). Das Chondrokostal-Präkordial-Syndrom.  
Med.Klin., 58, 1938-1940.
- SEAMAN, W.B., LEDWICK, G.S. (1966). Current and future developments.  
In : Planning guide for radiologic installations, pp. 224-226. Editor : W.C. Scott, Williams & Wilkins Co., Baltimore.
- SHAW, G.D.H. (1969). Experience with thermography in the mass-screening of breast tumours.  
Bibl.radiol. (Basel), 5, 109-119.



SHIMKIN, M.B. (1964). Summary of the New York symposium on thermography and its clinical applications.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 301-303.

SKVERSKY, N.J., HERRING, A.B., BARON, R.C. (1964). Thermography in peripheral vascular diseases.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 118-134.

SLUITER, E., RIJNBEEK, G.v. (1928). Le rayonnement calorifique de la peau humaine.  
*Arch.néerl.Physiol.*, 12, 1-27.

SMESSAERT, A., BEFELER, D., HICKS, R.G., CONNELL, J. (1965). Use of thermography for evaluation of sympathetic blocks.  
*Amer.J.Surg.*, 109, 594-598.

SMITH, W.M. (1964). Applications of thermography in veterinary medicine.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 248-254.

STAR, P.v.d. (1969). The history of thermometry in medicine.  
*Bibl.radiol. (Basel)*, 5, 1-7.

STEVENS, G.M., WEIGEN, J.F. (1966). Mammography survey for breast cancer detection. A 2-year study of 1223 clinically negative asymptomatic women over 40.  
*Cancer (Philad.)*, 19, 51-59.

STOLL, A.M., HARDY, J.D. (1949). Direct experimental comparison of several surface temperature measuring devices.  
*Rev.sci.Instr.*, 20, 678-686.

STOLL, A.M. (1964). Techniques and uses of skin temperature measurements.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 49-56.

STRAX, P. (1964). Thermography in mass screening for breast cancer.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 282.

STRAX, P., VENET, L., SHAPIRO, S., GROSS, S. (1967). Mammography and clinical examination in mass screening for cancer of the breast.  
*Cancer (Philad.)*, 20, 2184-2188.

STRAX, P., OPPENHEIM, A. (1968). New apparatus for mass screening in mammography.  
*Amer.J.Roentgenol.*, 102, 941-945.

STRÖM, G. (1950). Influence of skin temperature on vasodilator response to hypothalamic heating in the cat.  
*Acta physiol. scand.*, 20, suppl. 70, 77-81.

STRÖM, G. (1960). Central nervous regulation of body temperature. In : *Handbook of Physiology, Section 1 : Neurophysiology*, vol. II, blz. 1173-1196.  
 Editors : Field, J., Magoun, H.W., Hall, V.E. American Physiological Society, Washington D.C.

SUNDSTROM, E. (1968). Wide-angle infrared camera for industry and medicine.  
*Appl. Optics*, 7, 1763-1768.

SWEARINGEN, A.G. (1965). Thermography : report of the radiographic and thermographic examinations of the breasts of 100 patients.  
*Radiology*, 85, 818-824.

THOMAS, P. (1969). Impact of the development of thermography on radiology.  
*Bibl. radiol. (Basel)*, 5, 219-223.

TIETZE, A. (1921). Ueber eine eigenartige Häufung von Fällen mit Dystrophie der Rippenknorpel.  
*Berl. klin. Wschr.*, 58, 829-831.

TURBA, G., TAVAZZI, L. (1962). Infrared studies on the superficial venous circulation of the abdomen in cirrhosis of the liver.  
*Panminerva med.*, 4, 442-443.

URBACH, F., NAIL, N.R., PEARLMAN, D. (1949). The observation of temperature distributions and of thermal radiation by means of non-linear phosphors.  
*J. Optic. Soc. Amer.*, 39, 1011-1019.

VAUBEL, W.E. (1966). „Colloque international“ über Thermographie in der Medizin.  
*Acta med. Techn.*, 14, 270.

VAUBEL, W.E., DORE, J.F. (1967). Les applications de la thermographie à l'immunologie — I.  
*J. Radiol. Électrol.*, 48, 61-65.

WAARD, R., WORMSER, E.M. (1959). Description and properties of various thermal detectors.  
*Proc. I.R.E.*, 47, 1508-1513.

WALLACE, J.D., GOLDMAN, A., DODD, G., STAUFFER, V., TAYLOR, J. (1965). Rapid scanning thermography in suspect breast evaluation.  
*Radiology*, 84, 132.

WALLACE, J.D. (1967). Thermography in Ischemia.  
*Radiol. Clin. N. Amer.*, 5, 505-513.

WALLACE, J.D., DODD, G.D. (1968). Thermography in the diagnosis of breast cancer.  
*Radiology*, 91, 679-685.

WALLACE, J.D. (1969). A thermographic indication of carotid insufficiency.  
*Bibl. radiol. (Basel)*, 5, 153-159.

WALLACE, S., WALLACE, J.D. (1968). Hemodensitometry in the evaluation of cerebral circulation. A preliminary report.  
*Radiology*, 90, 454-465.

WEHRMACHER, W.H. (1955). Significance of Tietze's syndrome in differential diagnosis of chest pain.  
*J.Amer.med.Ass.*, 157, 505-507.

WEHRMACHER, W.H. (1968). The painful anterior chest wall syndromes.  
*Med.Clin.N.Amer.*, 111-118.

WEPLER, W. (1954). Ueber die sogenannte Tietze'sche Krankheit : Dauerbruch der oberen Rippen.  
*Dtsch.med.Wschr.*, 79, 137-139.

WILLIAMS, K.L., WILLIAMS, F.L., HANDLEY, R.S. (1960). Infrared radiation thermometry in clinical practice.  
*Lancet*, *ii*, 958-959.

WILLIAMS, K.L., WILLIAMS, F.L., HANDLEY, R.S. (1961). Infrared thermometry in the diagnosis of breast disease.  
*Lancet*, *ii*, 1378-1381.

WILLIAMS, K.L. (1962). Infra-red techniques.  
*Middx Hosp. J. (Lond.)*, 62, 13-18.

WILLIAMS, K.L. (1963). Some aspects of infra-red thermometry in medicine.  
 In : 13de Jaarboek Kankeronderzoek en Kankerbestrijding, de Bussy, Amsterdam, pp. 65-73.

WILLIAMS, K.L. (1964<sup>a</sup>). Pictorial heat scanning.  
*Phys.in Med.Biol.*, 9, 443-456.

WILLIAMS, K.L. (1964<sup>b</sup>). Infrared thermometry as a tool in medical research.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 99-112.

WILLIAMS, K.L. (1964<sup>c</sup>). Temperature measurements in breast disease.  
*Ann.-N.Y.-Acad.Sci.*, 121, 272-281.

WILLIAMS, K.L. (1965). Afbeelding van warmtepatronen in de geneeskunde.  
 In : Documenta Geigy.

WILLIAMS, K.L. (1967). Mesomorphic cholesterol crystals in surface temperature measurement.  
*J.Radiol.Électrol.*, 48, 68-69.

WILLIAMS, K.L. (1969<sup>a</sup>). Thermography in the prognosis of breast cancer.  
*Bibl.radiol. (Basel)*, 5, 62-67.

WILLIAMS, K.L. (1969<sup>b</sup>). Thermography in the diagnosis of varicose veins and venous insufficiency.  
*Bibl.radiol. (Basel)*, 5, 127-129.

WINSOR, T., BENDEZU, J. (1964). Thermography and the peripheral circulation. *Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 135-156.

WOLFE, W.L. (1964). Infrared imaging devices in infrared medical radiography.  
*Ann.N.Y.Acad.Sci.*, 121, 57-70.

WOOD, E.H. (1964). Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease : A preliminary report.  
Radiology, *83*, 540-542.

WOOD, E.H. (1965<sup>a</sup>). Thermography in the diagnosis of cerebrovascular disease.  
Radiology, *85*, 270-282.

WOOD, E.H. (1965<sup>b</sup>). Thermography in neurological surgery.  
In : Excerpta Medica, Int. Congress Series, nr. 93, 227-228, Amsterdam.

WOOD, E.H., HILL, R.P. (1966). Thermography in the diagnosis of cerebrovascular occlusive disease.  
Acta radiol. (Stockh.), *5*, 961-972.

WOODMANSEE, W.E. (1968). Aerospace thermal mapping applications of liquid crystals.  
Appl. Optics, *7*, 1721-1727.

WORMSER, E.M. (1968). Sensing the invisible world.  
Appl. Optics, *7*, 1667-1672.

WIJK VAN BRIEVINGH, R.P.v. (1967). Medische electrotechniek. I + II.  
Intermediar, *3*, (21.7.1967; 4.8.1967).

YOUNG, G.B. (1967). Large solitary lesions of the breast.  
J. Radiol. Électrol., *48*, 709-710.

YOUNG, G.B. (1968). Thermography.  
Proc. roy. Soc. Med., *61*, 264.

YOUNG, R.J. (1964). Application of thermography to the problem of placental localization. Preliminary communication.  
Brit. med. J., *ii*, 978-981.

ZELDENRUST, L. (1956). Het syndroom van Tietze.  
Ned. T. Geneesk., *100*, 571-574.

ZOON, J.J., MALI, J.W.H. (1955). Onderzoek naar de betekenis der temperatuur van het huidoppervlak.  
Ned. T. Geneesk., *99*, 1221-1226.